

Ingeniería Industrial

2016-2017

Proyecto Fin de Carrera

Prototipo educativo con módulo lógico LOGO, PC industrial y E/S descentralizadas Profibus

Marcos López Jiménez

Tutor

Ramón Barber Castaño

Leganés, 14 de julio de 2017



Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

A mis padres, Manuel y Áurea.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Carlos III de Madrid por haberme formado como Ingeniero y como persona.

Al departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, especialmente a mi tutor Ramón Barber por haberme dado todas las facilidades para llevar a cabo este Proyecto Fin de Carrera y compaginarlo con mi trabajo.

RESUMEN

En este trabajo se ha realizado el montaje, cableado y puesta en marcha de un prototipo utilizando hardware real proveniente de la industria, con el objetivo de ser utilizado en el ámbito educativo de la Universidad.

El hardware que se ha utilizado ha sido:

- Un módulo lógico Siemens Logo! 0BA7.
- Un PC industrial con pantalla táctil Siemens Panel PC 677.
- Un módulo de E/S descentralizadas Siemens ET200L.

Se han desarrollado varios programas y un SCADA para comprobar la funcionalidad de este hardware y controlar una de las maquetas de pruebas del Laboratorio.

Palabras clave:

Logo, Panel PC, E/S descentralizadas, Profibus, SCADA, Siemens.

ABSTRACT

This work consists on the assembly, wiring and start up of a prototype using actual hardware coming from the industry, with the target of being used within the University's educational scope.

The hardware that has been used is:

- A Siemens Logo! 0BA7 logic module.
- A Siemens Panel PC 677 industrial PC with touchscreen.
- A Siemens ET200L distributed I/O device.

A SCADA and some software have been written in order to check the functionality of the hardware and to control one of the Laboratory's test models.

Keywords:

Logo, Panel PC, Distributed I/O, Profibus, SCADA, Siemens.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Motivación.....	9
1.2. Objetivos.....	10
1.3. Estructura del documento.....	11
2. ESTADO DE LA TÉCNICA	13
2.1. Breve historia de la automatización y los sistemas de control.	13
2.2. Automatización en la industria.....	15
2.3. Situación actual.	20
2.4. Automatización Industrial por fabricantes.	21
2.5. Introducción a la gama de producto de Siemens Automation.....	23
3. ARQUITECTURA A IMPLEMENTAR	45
4. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE	49
4.1. Logo! 230RCE.....	50
4.2. Panel PC 677 15” Touch.	51
4.3. Periferia descentralizada ET 200L.	53
4.4. Varios.	54
4.5. Maqueta de pruebas del Laboratorio.	56
5. IMPLEMENTACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y VISUALIZACIÓN	59
5.1. Comunicación Panel PC ↔ Logo!	59
5.2. Configuración PLC software en Panel PC, comunicación Panel PC ↔ ET200L.	67
5.3. Visualización (SCADA) de estados de Logo! y PLC software + ET200L.	78
6. MONTAJE Y PROGRAMACIÓN DEL PROTOTIPO.....	93
6.1. Montaje del bastidor.....	94
6.2. Cableado Logo! ↔ maqueta / ET200L.	95
6.3. Montaje final y esquema del prototipo.	98
6.4. Descripción de los programas.....	100
6.5. Diseño del SCADA.	104
6.6. Pruebas en Laboratorio.....	106
7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	109
7.1. Conclusiones.....	109
7.2. Trabajos futuros.....	110
REFERENCIAS	111
ANEXOS.....	113
A.1. Códigos fuente.....	113
A.2. Hojas de características.	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Telar automatizado de Jacquard [1]	14
Figura 2: Cuarto de relés, lógica cableada [2]	14
Figura 3: PLC en una planta centrifugadora de azúcar [3]	15
Figura 4: Cuota de mercado de comunicaciones industriales según HMS, febrero 2017 [5]	20
Figura 5: Control Magazine, portada octubre 2016.....	21
Figura 6: Cuota de mercado mundial de sistemas de control y automatización según Control Magazine.....	21
Figura 7: Evolución ventas globales, sistemas de control y automatización según Control Magazine.....	22
Figura 8: Módulo lógico Logo! 8, versiones Basic (izquierda) y Pure (derecha).	23
Figura 9: PLC de la serie S7-1200.	23
Figura 10: PLC's de las series S7-1500, S7-300 y S7-400 respectivamente.....	24
Figura 11: De izquierda a derecha, ET 200S, ET 200iSP y ET 200pro en la fila superior,	29
Figura 12: Rack SIMATIC TDC a la izquierda, módulo tecnológico FM 458-1 DP a la derecha.....	30
Figura 13: Equipos SIMOTION P, SIMOTION C y SIMOTION D.	31
Figura 14: Sistema de control numérico SINUMERIK 840D sl.	32
Figura 15: HMI básicos, paneles KTP arriba, teclados KP8/KP32 abajo.	33
Figura 16: Varios Comfort Panels, con y sin teclas. Abajo, dos Mobile Panels.	33
Figura 17: Sistemas de identificación de la gama RF300, RF600 y MV420.	35
Figura 18: Panel PC's, monitores industriales y "thin clients", abajo.....	35
Figura 19: Rack PC's.	36
Figura 20: Box PC's.....	37
Figura 21: Panel PC's.	38
Figura 22: Tablet PC ITP1000.	39
Figura 23: Varios paneles IFP.	40
Figura 24: Pasarela IOT2040.....	41
Figura 25: CPU 1515SP PC.	42
Figura 26: Equipos de la serie de instrumentación.....	43
Figura 27: Comunicación Panel PC ↔ Logo!.....	46
Figura 28: Ejecución PLC software y enlace PanelPC ↔ ET200L.	46
Figura 29: Conexión E/S entre Logo! y ET200L.	47
Figura 30: SCADA para visualización Logo! y PLC software.	47
Figura 31: Conexión de Logo! a maqueta.	48
Figura 32: Conexión de Logo! a simulador de maqueta.....	48
Figura 33: Hardware a utilizar: Panel PC 677, Logo! 230RCE, ET200L, cable Profibus.	49
Figura 34: LOGO! 230RCE.	50
Figura 35: Siemens Panel PC 677 Touch 15".	51
Figura 36: Unidad periférica descentralizada ET 200L.....	53
Figura 37: Interruptores automático y diferencial.	55
Figura 38: Relé 24V OMRON.	55
Figura 39: Maqueta: Vía montada sobre base de madera.....	56
Figura 40: Maqueta: Detalle de bobina captadora de posición.....	56
Figura 41: Maqueta: Tren con motor c.c.	57
Figura 42: Maqueta: Caja con relés, pulsadores y LED's, vista superior.	57
Figura 43: Maqueta: Caja con relés, pulsadores y LED's, vista lateral.	58
Figura 44: Maqueta: Esquema con correspondencia de E/S.	58
Figura 45: LOGO!Soft Comfort: Nuevo proyecto.	59
Figura 46: LOGO!Soft Comfort: Selección de dispositivos.....	60
Figura 47: LOGO!Soft Comfort: Selección del modelo de Logo!.....	60
Figura 48: LOGO!Soft Comfort: Menú "Conexiones Ethernet".	61
Figura 49: LOGO!Soft Comfort: Introducción de parametros de red.	61
Figura 50: Panel de Control: Configuración IP de Panel PC.....	62

Figura 51: Panel de Control: Introducción parámetros de red de Panel PC.	62
Figura 52: LOGO!Soft Comfort: Programa ejemplo.	63
Figura 53: LOGO!Soft Comfort: Transferir programa a Logo!.	63
Figura 54: LOGO!Soft Comfort: Confirmar IP Logo!.	63
Figura 55: LOGO!Soft Comfort: Detectar y cambiar IP Logo!.	63
Figura 56: LOGO! 230RCE: IP asignada en pantalla.	64
Figura 57: LOGO!Soft Comfort: Paso de RUN a STOP, transferencia de programa y paso de STOP a RUN.	64
Figura 58: LOGO!Soft Comfort: Modo Test online.	65
Figura 59: LOGO!Soft Comfort: Barra Test online. Icono “Iniciar/detener observación”.	65
Figura 60: LOGO!Soft Comfort: Visualización variables Test online.	65
Figura 61: LOGO!Soft Comfort: Visualización variables en pantalla del Logo!. Entrada I1 a 1.	66
Figura 62: LOGO!Soft Comfort: Paso a modo Simulación.	66
Figura 63: LOGO!Soft Comfort: Forzado de la entrada I1 en el simulador.	66
Figura 64: SIMATIC Manager: Nuevo proyecto.	67
Figura 65: SIMATIC Manager: Nuevo proyecto, interfaz por defecto.	67
Figura 66: SIMATIC Manager: Insertar objetos: Equipo PC SIMATIC, subredes PROFIBUS y Ethernet.	68
Figura 67: Panel de Control: Nombre de equipo de Windows.	68
Figura 68: SIMATIC Manager: Discrepancia de nombres.	69
Figura 69: SIMATIC Manager: Configuración PanelPC677.	69
Figura 70: HW Config.	69
Figura 71: HW Config: Añadir módulo Industrial Ethernet en slot 1.	70
Figura 72: HW Config: Elegir IP y subred.	70
Figura 73: HW Config: Añadir módulo controlador software en slot 2.	71
Figura 74: HW Config: Añadir submódulo interfaz Profibus en slot IF2.	71
Figura 75: HW Config: Elegir dirección Profibus y subred.	72
Figura 76: HW Config: A falta del módulo de E/S descentralizadas ET200L.	72
Figura 77: HW Config: Instalar archivo "siem0017.gsd".	72
Figura 78: HW Config: Se añade el módulo ET200L 16E/16S digitales, se asigna dirección Profibus.	73
Figura 79: ET200L: Selección de dirección Profibus "77".	73
Figura 80: WinLC RTX: Se arranca controlador.	74
Figura 81: HW Config: Cargar configuración en controlador software.	74
Figura 82: HW Config: Módulos a cargar.	74
Figura 83: HW Config: Introducir IP destino.	75
Figura 84: HW Config: Carga de módulos.	75
Figura 85: WinLC RTX: Paso de controlador software a RUN.	75
Figura 86: SIMATIC Manager: Módulo principal de programa (OB1) en controlador software.	76
Figura 87: SIMATIC Manager: Añadir tabla de variables.	76
Figura 88: Var: Tabla de observación de variables.	76
Figura 89: ET200L: Prueba E/S.	77
Figura 90: Direcciones de equipos.	78
Figura 91: WinCC: Crear proyecto vacío.	79
Figura 92: WinCC: Selección del panel de operador.	79
Figura 93: WinCC: Proyecto en blanco.	80
Figura 94: WinCC: Menú Conexiones.	80
Figura 95: WinCC: Añadir conexión con Logo!.	81
Figura 96: LOGO!Soft Comfort: Menú “Conexiones Ethernet”.	81
Figura 97: LOGO!Soft Comfort: Agregar conexión "servidor".	82
Figura 98: LOGO!Soft Comfort: Parámetros servidor.	82
Figura 99: LOGO!Soft Comfort: Transferir a Logo!.	82
Figura 100: WinCC: Añadir conexión con Autómata Software WinLC RTX.	83
Figura 101: WinCC: Menú Variables.	83
Figura 102: WinCC: Añadir variables, selección Conexión.	84
Figura 103: WinCC: Añadir variables, selección Dirección. Diferencias según tipo de conexión.	85
Figura 104: WinCC: Variables introducidas.	86
Figura 105: WinCC: Imagen generada por defecto.	86
Figura 106: WinCC: Añadir objetos.	87

Figura 107: WinCC: Botón con función "InvertirBit".	88
Figura 108: WinCC: Botón con función "PararRuntime".	88
Figura 109: WinCC: Interfaz de prueba E/S.	89
Figura 110: WinCC: Iniciar runtime.	89
Figura 111: Logo!Soft Comfort: Mapeado marcas.	90
Figura 112: WinCC: Marcas Logo!.	90
Figura 113: Logo!Soft Comfort: Mapeando parámetro VM.	90
Figura 114: Logo!Soft Comfort: Configuración de memoria variable.	91
Figura 115: WinCC: Parámetros VM.	91
Figura 116: Var: Marca PLC software	91
Figura 117: WinCC: Marca PLC software.	91
Figura 118: Prototipo: Equipos montados en la mesa.	93
Figura 119: Prototipo: Montaje inicial Panel PC.	94
Figura 120: Prototipo: Cableado de los equipos.	95
Figura 121: Prototipo: Bastidor montado y cableado.	96
Figura 122: Prototipo: Montaje conectores DB25.	97
Figura 123: Prototipo: Instalación de relés de 24V.	97
Figura 124: Prototipo: Montaje final.	98
Figura 125: Prototipo: Esquema resumen.	99
Figura 126: Maqueta: Movimientos programados.	100
Figura 127: Flujograma programa Logo!.	101
Figura 128: Flujograma programa WinLC RTX+ET200L.	103
Figura 129: SCADA: Situación inicial.	104
Figura 130: SCADA: Iniciando ciclo, mostrando gráfico de tren.	105
Figura 131: Laboratorio: Conexión maqueta a prototipo.	106
Figura 132: Laboratorio: Tren en nivel 1.	107
Figura 133: Laboratorio: Tren inicia la marcha.	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Pirámide clásica de la automatización.....	16
Tabla 2: Soluciones para niveles 3 y 4.	16
Tabla 3: Modelo OSI.	17
Tabla 4: Protocolos industriales.	17
Tabla 5: Protocolos según niveles.	18
Tabla 6: Buses de campo.	19
Tabla 7: Buses de instrumentación.	19
Tabla 8: Características de controladores S7-1200.	24
Tabla 9: Características de controladores S7-1500.	25
Tabla 10: Características de controladores S7-1500 versiones C y T.	25
Tabla 11: Características de controladores S7-300.	26
Tabla 12: Características de controladores S7-300C.....	26
Tabla 13: Características de controladores S7-300T.....	26
Tabla 14: Características de controladores S7-400, parte 1.	27
Tabla 15: Características de controladores S7-400, parte 2.	27
Tabla 16: Características de controladores S7-400H.	27
Tabla 17: Características de controladores distribuidos basados en periferias ET200SP y ET200pro.	28
Tabla 18: Características de controladores distribuidos basados en periferias ET200S.....	28
Tabla 19: Resumen de características de sistemas CNC SINUMERIK.	32
Tabla 20: Características de HMI básicos.	33
Tabla 21: Características de Comfort Panels.....	34
Tabla 22: Características de Mobile Panels.....	34
Tabla 23: Sistemas de identificación basados en RFID.....	35
Tabla 24: Características de Rack PC's.	36
Tabla 25: Características de Box PC's.....	37
Tabla 26: Características de Panel PC's.....	38
Tabla 27: Características de Panel PC's certificados Ex.....	39
Tabla 28: Características de Tablet PC.....	40
Tabla 29: Características de ET200SP Open Controller.	42
Tabla 30: Resumen de características del LOGO! 230RCE.....	50
Tabla 31: Resumen de características del Panel PC 677 15" Touch.	52
Tabla 32: Resumen de características del módulo ET200L 16I/16O.	53
Tabla 33: Características de fuente de alimentación SITOP Power 3.5.	54
Tabla 34: WinCC: Equivalencia de variables.....	85
Tabla 35: Correspondencia de pines entradas Logo! → Maqueta.....	95
Tabla 36: Correspondencia de pines salidas Logo! → Maqueta.	96

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación.

La motivación de este Proyecto Fin de Carrera nace por la necesidad de disponer de plataformas experimentales para la docencia en automatización de procesos en el ámbito de la Universidad.

Es importante que estas plataformas cuenten con hardware industrial real. En la industria coexisten equipos de distintas características y prestaciones: modernos con las últimas tecnologías o más antiguos con tecnologías más probadas y extendidas.

El futuro ingeniero debe ser lo suficientemente hábil para seleccionar, configurar y programar estos equipos y afrontar y resolver los problemas que surjan.

Por ello es necesario contar con este tipo de plataformas en las que poner en práctica y desarrollar estas habilidades.

1.2. Objetivos.

El objetivo final de este Proyecto es:

- Poner en marcha un prototipo experimental para la docencia en automatización de procesos, usando hardware proveniente de la industria.

Para ello se necesitarán realizar las siguientes tareas:

- Escoger el hardware apropiado.
- Escoger las comunicaciones entre equipos.
- Realizar el montaje y cableado de los equipos.
- Implementar las comunicaciones entre ellos.
- Programar de los equipos.

Tras surgir la posibilidad de conseguir una serie de equipos industriales que estaban siendo retirados de campo, se decidió utilizarlos como base de este Proyecto Fin de Carrera tal y como se describirá a lo largo de este documento.

Dado que la industria tiene una inercia muy grande al cambio, muchas veces es más habitual encontrarse con equipos con varios años, reconocidos y sobradamente probados que con equipos de última hornada y no tan extendidos.

Con esto se quiere hacer ver que no es contraproducente utilizar equipos con unos cuantos años encima como los que se utilizan en este Proyecto, sino todo lo contrario, ya que esta es la situación que el futuro ingeniero se encontrará en el ámbito de la industria.

1.3. Estructura del documento.

La memoria de este Proyecto Fin de Carrera está formada por siete capítulos en los que se documentará paso a paso el trabajo realizado de una forma detallada, aunque fácil de seguir incluso para el profano.

Éste, el primer capítulo, sirve de introducción a la temática y objetivos del Proyecto.

En el segundo se repasa resumidamente la historia de la automatización, se clasifican los sistemas y comunicaciones industriales y se analiza brevemente el mercado a fecha de hoy. Además, se introduce la extensa gama de producto actual de Siemens, líder mundial en automatización.

En el tercer capítulo se representa la arquitectura que se quiere implementar, ilustrando cómo se pretenden conectar físicamente entre ellos los equipos de los que se disponen.

En el cuarto capítulo se describe brevemente el hardware, funcionalidad y principales características técnicas de estos equipos, incluyendo la maqueta del Laboratorio a utilizar, junto con el resto de accesorios necesarios para el montaje del prototipo.

Se continúa en el capítulo quinto describiendo paso a paso cómo se ha implementado en la práctica las comunicaciones entre todos ellos, incluyendo programas de prueba.

Posteriormente, en el capítulo sexto, se muestra cómo se ha realizado el montaje y cableado del prototipo, junto con una descripción de los programas y SCADA desarrollados, además de las pruebas realizadas con la maqueta existente en el Laboratorio.

El documento finaliza en el capítulo séptimo repasando las conclusiones obtenidas y posibles formas de continuar el trabajo realizado.

En los anexos se adjunta el código fuente de los programas escritos junto con las hojas de características de los equipos utilizados.

2. ESTADO DE LA TÉCNICA

2.1. Breve historia de la automatización y los sistemas de control.

Se puede definir “automatización” como el control y utilización de máquinas para realizar tareas de forma “autónoma”, es decir, sin la intervención del ser humano, en la medida de lo posible. A continuación, se recorre de forma rápida su evolución.

2.1.1. Máquinas mecánicas.

A lo largo de la historia, el hombre ha desarrollado máquinas que le facilitasen su trabajo y aumentaran su productividad, realizando trabajos repetitivos, complejos o que requerían gran esfuerzo físico.

Inicialmente, estas máquinas estaban basadas principalmente en la mecánica y transformaban los diferentes movimientos de las partes de la máquina para desarrollar la acción deseada. Normalmente se utilizaba únicamente una fuente de energía: hidráulica, vapor, tracción animal.

En este tipo de maquinaria se englobarían desde los más sencillos mecanismos de palancas y poleas para elevar cargas hasta la más compleja máquina de vapor que impulsaría la Revolución Industrial (1750-1840).

Mención especial para los avances en la maquinaria de la industria textil como el telar automatizado de Jacquard (1801), Figura 1, el cual utilizaba tarjetas perforadas intercambiables para tejer patrones complejos. Este tipo de tarjetas sirvieron como soporte de almacenamiento de información durante varias décadas, incluyendo los primeros ordenadores, hasta aproximadamente 1975.



Figura 1: Telar automatizado de Jacquard [1] .

2.1.2. Aparición de la electricidad. Lógica cableada.

El siguiente hito sería la generalización de la electricidad y su uso como fuente de energía. Se desarrolló la Ingeniería Electromecánica: se comienzan a utilizar componentes como relés, contactores, temporizadores, etc., creándose los primeros circuitos lógicos en base a ellos y dando lugar a lo que se conoce como lógica cableada. La monitorización de los estados de la máquina consistía en elementos como pilotos, indicadores de aguja y contadores.

Con esta tecnología, si bien por un lado se simplificaba la parte mecánica de la máquina, por otro se ganaba en complejidad al multiplicarse los elementos electromecánicos (ver Figura 2) y el cableado que los unía, dificultando el mantenimiento y comprometiendo la flexibilidad y por tanto la vida útil del sistema.

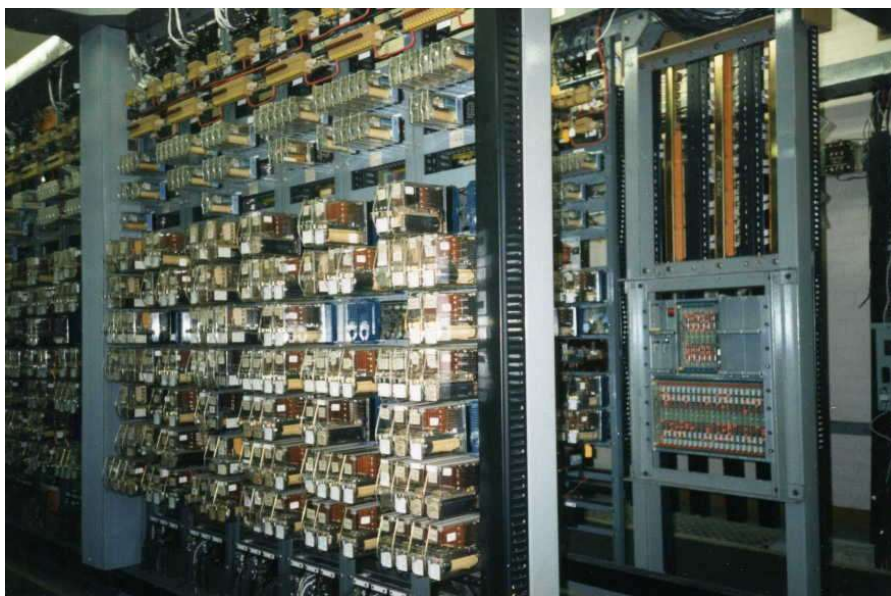


Figura 2: Cuarto de relés, lógica cableada [2] .

2.1.3. Aparición del PLC. Lógica programada.

Estas limitaciones quedaron remediadas con la aparición del PLC¹ (ver Figura 3) a comienzos de la década de los 70. Estos controladores eliminaron la necesidad de rediseñar el cableado y los componentes (relés, etc.) cada vez que se necesitaba cambiar o ampliar la funcionalidad, a la vez que redujeron drásticamente el espacio necesario para albergar el equipo.

El PLC ejecutaba un programa escrito en un lenguaje semejante al utilizado para diseñar los esquemas eléctricos de control basados en lógica cableada, y se cargaba a través de un terminal. Se utilizaban como entradas señales eléctricas provenientes de la instalación a controlar y como salidas otras señales eléctricas que accionaban elementos de la misma: motores, electroválvulas, etc. Este programa se podría cambiar según las necesidades.



Figura 3: PLC en una planta centrifugadora de azúcar [3] .

2.2. Automatización en la industria.

A partir de entonces, la automatización y los sistemas de control industrial han ido avanzando exponencialmente, de la mano del desarrollo de la electrónica e informática, no solo en prestaciones, potencia de cálculo o conectividad sino en funcionalidad y capacidades de programación.

Hoy en día se utilizan múltiples sistemas de control en la empresa, existiendo una tendencia a la integración de todos ellos.

2.2.1. Clasificación.

La clasificación clásica es la que la definen los estándares ANSI/ISA-95 e IEC62264, estableciendo una jerarquía de funciones y las relaciones entre los diferentes niveles de esta, a la vez que se dan una serie de recomendaciones respecto a los datos a intercambiar entre ellos.

Los diferentes niveles que forman esta jerarquía piramidal se ven en la Tabla 1.

¹ PLC: Programmable Logic Controller, controlador lógico programable o sencillamente “autómata programable” o “controlador”

Nivel	Funciones	Ejemplo
4	Planificación del negocio y logística	ERP ²
3	Control del flujo de la producción	MES ³
2	Monitorización y control del proceso	SCADA ⁴ , HMI ⁵
1	Interacción con el proceso, captura de datos	PLC, sensores, actuadores
0	Proceso productivo como tal	

Tabla 1: Pirámide clásica de la automatización.

El grado de abstracción en relación al proceso productivo va aumentando con el nivel. Lo mismo sucede con el volumen de información que se maneja.

Se indican a modo informativo las soluciones referencia a día de hoy para los 2 niveles superiores, en la Tabla 2.

Nivel		Fabricante	Solución software
4	ERP	SAP Oracle Microsoft	S/4 Hana Cloud ERP Dynamics 365
3	MES	SAP Siemens Schneider GE	Manufactory Execution Simatic IT Wonderware Brilliant Manufacturing

Tabla 2: Soluciones para niveles 3 y 4.

Sobre los niveles más bajos se profundiza en los siguientes apartados.

2.2.2. Comunicaciones industriales.

Todos estos sistemas que se acaban de mencionar tienen que intercambiar información entre ellos, por lo que se necesita que se encuentren conectados entre sí. El conjunto de sistemas interconectados forma lo que se denomina *red*.

De esta necesidad de intercambio de información surgen los protocolos de comunicaciones, que definen el medio físico y las normas mediante las cuales se realiza este intercambio.

En general, los sistemas de cada nivel intercambian información con los sistemas del mismo nivel y de niveles inmediatamente superiores e inferiores.

A continuación, se clasifican estos protocolos de comunicaciones, nombrando los más habituales que se utilizan en la industria en la actualidad.

² ERP: Enterprise Resource Planning (Planificación de Recursos Empresariales)

³ MES: Manufacturing Execution System (Sistema de Ejecución de Manufactura)

⁴ SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

⁵ HMI: Human Machine Interface (Interfaz Hombre Máquina)

2.2.2.1. Protocolos de comunicaciones.

Sin entrar en detalle, se puede decir que un protocolo de comunicaciones se divide en diferentes niveles que tratan con los diferentes aspectos de la comunicación.

El modelo más general es el indicado por el modelo OSI (Tabla 3, Open System Interconnection o ISO/IEC 7498-1), aunque en la práctica se suelen agrupar los 3 niveles superiores.

Nivel OSI	Denominación	Descripción
Niveles de aplicación	7 Aplicación	Define mensajes a enviar y las respuestas
	6 Presentación	Convierte el mensaje a la sintaxis definida. Lo encripta y comprime.
	5 Sesión	Establecimiento de la sesión (identifica emisor y receptor)
Niveles de transporte de datos	4 Transporte	Segmenta el mensaje en paquetes manejables y asegura que lleguen correctamente
	3 Red	Determina la ruta a seguir de los paquetes desde el emisor al receptor
	2 Enlace de datos	Formato y transmisión de los paquetes
	1 Físico	Comunicación física

Tabla 3: Modelo OSI.

Es habitual en la industria encontrarse protocolos que comparten los niveles inferiores (transporte de datos) pero se diferencian en los niveles de aplicación. Incluso la diferencia entre versiones puede ser únicamente a nivel de aplicación.

Las topologías o formas de interconexión física de los equipos en una red son: punto a punto, estrella, anillo, bus, árbol o mixta.

Atendiendo al medio físico utilizado se podría hacer una primera clasificación de los protocolos industriales más generalizados, Tabla 4.

Medio físico	Protocolo	Dist. Máx.	Topología red	Uso típico
Cable	RS232	15 m	Punto a punto	Programación, configuración y monitorización
	RS485	1200 m	Bus	Programación, configuración, monitorización Periferia distribuida
	RS422	1200 m	Bus, anillo	Programación, configuración, monitorización
	Ethernet	100 m	Estrella, bus, anillo, árbol	General; Programación, configuración, monitorización. Periferia distribuida
	USB	4 m	Punto a punto	Programación, configuración y monitorización
	Bus CAN (*)	500 m	Bus	General; Diagnosis, configuración, interfaz con sensores, etc
Fibra óptica	Basado en alguno de los anteriores	15 km	Punto a punto, estrella, anillo	Cuando se necesita inmunidad a ruido, más distancia o aislamiento galvánico
Radio	Wifi	100 m	Inalámbrica	Monitorización con equipos móviles. Periferia distribuida
	Bluetooth	10 m	Inalámbrica	Adquisición datos de sensores

Tabla 4: Protocolos industriales.

Se incluye el Bus CAN en esta tabla por similitud con el resto de protocolos, aunque en este protocolo se especifica también el nivel 2 del modelo OSI (enlace de datos).

Igualmente, en la Tabla 5, se hace un rápido resumen de los tipos de comunicaciones industriales que se utilizan entre los distintos niveles de la pirámide de automatización. Diferentes fabricantes usan diferentes protocolos, especialmente en los niveles más bajos de la pirámide.

Nivel	Funciones	Sistema ejemplo	Denominación de red	Protocolos típicos
4	Planificación del negocio y logística	ERP	Red de fábrica	Ethernet Industrial: EtherNet/IP, Profinet
3	Control del flujo de la producción	MES	Red de planta	Ethernet Industrial: EtherNet/IP, Profinet
2	Monitorización y control del proceso	SCADA, HMI	Red de célula	Ethernet, EtherNet/IP, Profinet, Foundation HSE, ControlNet, Modbus
1	Interacción con el proceso, captura de datos	PLC, sensores, actuadores	Bus de campo	Profinet IO, Profibus DP/PA, Modbus, Foundation F1, CANOpen, DeviceNet
			Instrumentación	AS-i, IO-Link, HART, 4-20mA
0	Proceso productivo como tal			

Tabla 5: Protocolos según niveles.

En este punto debe mencionarse que esta pirámide clásica empieza a sufrir grandes cambios debido al desarrollo exponencial de las telecomunicaciones e Internet.

Cada vez es más habitual encontrar dispositivos de campo conectados a red (Industrial IoT), saltándose varios niveles de esta jerarquía, de forma que los niveles superiores pueden acceder a sus datos en tiempo real si es necesario, además de solucionar los problemas de interoperabilidad que supone la variedad de protocolos a nivel de campo.

De la misma forma, los niveles superiores empiezan a ofrecer servicios “en la nube”, siendo accesibles a pequeñas y medianas empresas a cambio de una cuota mensual en lugar de requerir una fuerte inversión inicial, algo impensable hace unos años.

2.2.2.2. Buses de campo.

Para introducir lo que se denomina bus de campo y periferia distribuida o descentralizada, hay que situarse en la parte más baja de la pirámide (nivel 1).

Habitualmente, la periferia (módulos de entrada/salida conectada a sensores, actuadores, etc.) está instalada de forma centralizada, es decir de forma local o cercana al equipo que las gestiona, un autómatas o equivalente. Sin embargo, en muchas ocasiones se necesita que esta periferia esté instalada en diferentes lugares y a una cierta distancia del autómatas. En estos casos, hay dos posibilidades:

- Cablear directamente las E/S mediante un cableado extenso y probablemente confuso, sin mencionar las posibles perturbaciones electromagnéticas que podrían aparecer.
- Utilizar unidades periféricas descentralizadas.

Estas unidades periféricas descentralizadas se conectarían por medio de un *bus de campo* al autómata central.

¿Y qué es un bus de campo? Resumidamente, un *bus de campo* es un bus de comunicaciones especialmente diseñado para el área de la producción o fabricación, “campo”, suficientemente robusto, resistente a interferencias y con una velocidad de transmisión tal que garantice la comunicación fluida y segura entre el autómata y las entradas/salidas o cualquier equipo *descentralizado* que esté conectado a él. Ejemplos típicos de buses de campo serían los siguientes, Tabla 6:

Bus de campo	Descripción
Profibus DP	Uno de los estándares en la industria europea (respaldado por Siemens). Bus abierto de alta velocidad basado en RS485 donde se conectan los diferentes dispositivos de campo (E/S, sensores, actuadores). Posibilidad de utilizar fibra óptica para conectar estaciones distantes o que requieran inmunidad electromagnética.
Profibus PA	Variante, más lenta, de la anterior diseñada para la instrumentación de procesos que requieren alto nivel de precisión o se encuentran en áreas con peligro de explosión. Incluye alimentación para los equipos de campo.
Profinet IO	Estándar más actual de la agrupación Profibus & Profinet International, basado en Ethernet Industrial. Variantes en tiempo real (RT, tiempo de ciclo de pocos ms) e isócrona (IRT, menos de 1 ms).
Modbus RTU	Otro de los estándares clásicos (respaldado por Schneider Electric). Basado en arquitectura maestro/esclavo. Abierto, sencillo y robusto.
Foundation H1	Estándar usado en la industria americana para buses de campo. Incluye alimentación sobre el cableado, posibilidades de fibra óptica y capacidades para instrumentación de procesos al igual que Profibus. Bus más lento, pero esto se compensa al añadir funciones de control al propio dispositivo de campo.
DeviceNet	Bus de campo basado en Bus CAN, cableado incluye alimentación y datos, creado por Allen-Bradley (ahora Rockwell Automation).

Tabla 6: Buses de campo.

Destacan a continuación dos protocolos que no llegan por definición a “buses de campo” al encontrarse en el nivel de campo más bajo. Sin embargo, llevan a cabo la mayoría de las funciones asignadas a estos. Se les puede llamar “buses de instrumentación”, en la Tabla 7.

Instrumentación	Características
AS-i	Interfaz ideado para interconectar sensores y actuadores con el nivel superior, por ejemplo, un PLC o una estación Profibus DP. 2 conductores por los que se transmiten datos y alimentación.
IO-Link	Interfaz más reciente, con funciones de diagnóstico, acceso a datos de campo y cambio de parámetros.

Tabla 7: Buses de instrumentación.

2.3. Situación actual.

Se analiza rápidamente la situación actual para terminar el apartado referente a las Comunicaciones Industriales.

Anualmente, la empresa HMS Industrial Networks [4] , como proveedor independiente, realiza un estudio anual del mercado de las redes industriales, tomando como base la cantidad de nuevos equipos instalados a nivel global. En la Figura 4 se ven los últimos resultados (febrero 2017) y comparándose con los del ejercicio anterior (2016 en paréntesis en el gráfico).

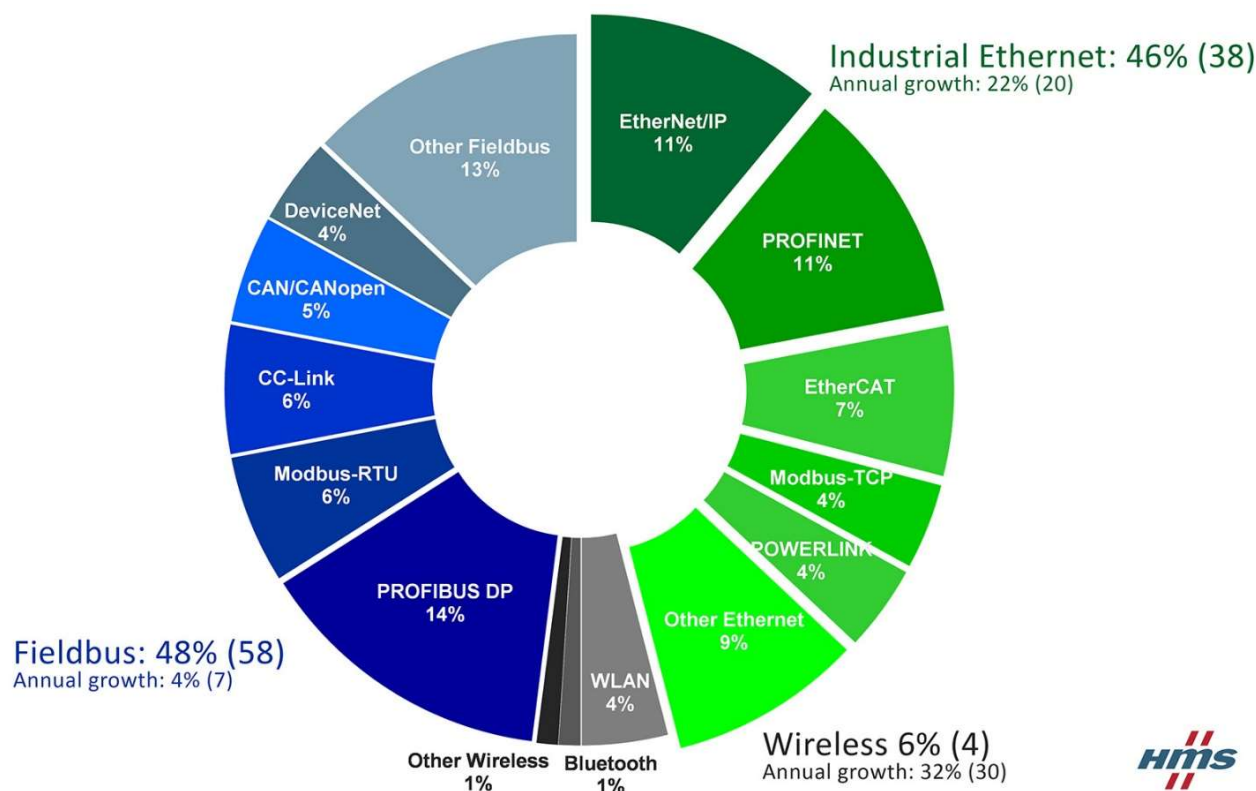


Figura 4: Cuota de mercado de comunicaciones industriales según HMS, febrero 2017 [5] .

Los datos más relevantes que se observan:

- Ethernet Industrial (EtherNet/IP → líder en EE.UU., Profinet → líder en Europa) mantiene un crecimiento por encima del 20% por segundo año consecutivo, impulsado por la globalización de las comunicaciones e Internet de las Cosas Industrial (Industrial IoT).
- Los Buses de Campo (Profibus DP, Modbus RTU) siguen siendo mayoritarios pero su crecimiento se está estancando. De hecho, se encuentran casi a la par en relación con Ethernet Industrial, 48% vs 46%, en contraposición al 58% vs 38% del ejercicio anterior.
- Las tecnologías inalámbricas, en especial Wifi, siguen su crecimiento imparable de más del 30% anual, abarcando el 6% global.

Por mercados:

- En Europa y Oriente Medio, la red predominante es Profibus, consiguiendo Profinet la mayor tasa de crecimiento.
- En EE.UU., donde dominan los protocolos CIP (Common Industrial Protocol), EtherNet/IP adelanta por primera vez a DeviceNet.
- En Asia sigue todo muy repartido entre Profibus, Profinet, EtherNet/IP, Modbus y CC-Link.

2.4. Automatización Industrial por fabricantes.

A continuación se analiza cómo está repartido el mercado de los sistemas de automatización industrial.

La revista americana especializada *Control* [6] publica anualmente, con la ayuda de la consultora ARC Advisory Group [7], un estudio del mercado de la Automatización a nivel local (EE.UU.) y global, incluyendo un TOP 50 de fabricantes, ordenados por volumen de ventas.

El último estudio venía incluido en la edición de octubre 2016, con datos del ejercicio 2015 [8].

También están accesibles los informes de años pasados [9], con los que es posible observar la evolución del mercado.

En la siguiente figura, Figura 6, se muestra la cuota de mercado mundial en 2015. Únicamente se listan los 10 mayores fabricantes.



Figura 5: Control Magazine, portada octubre 2016.

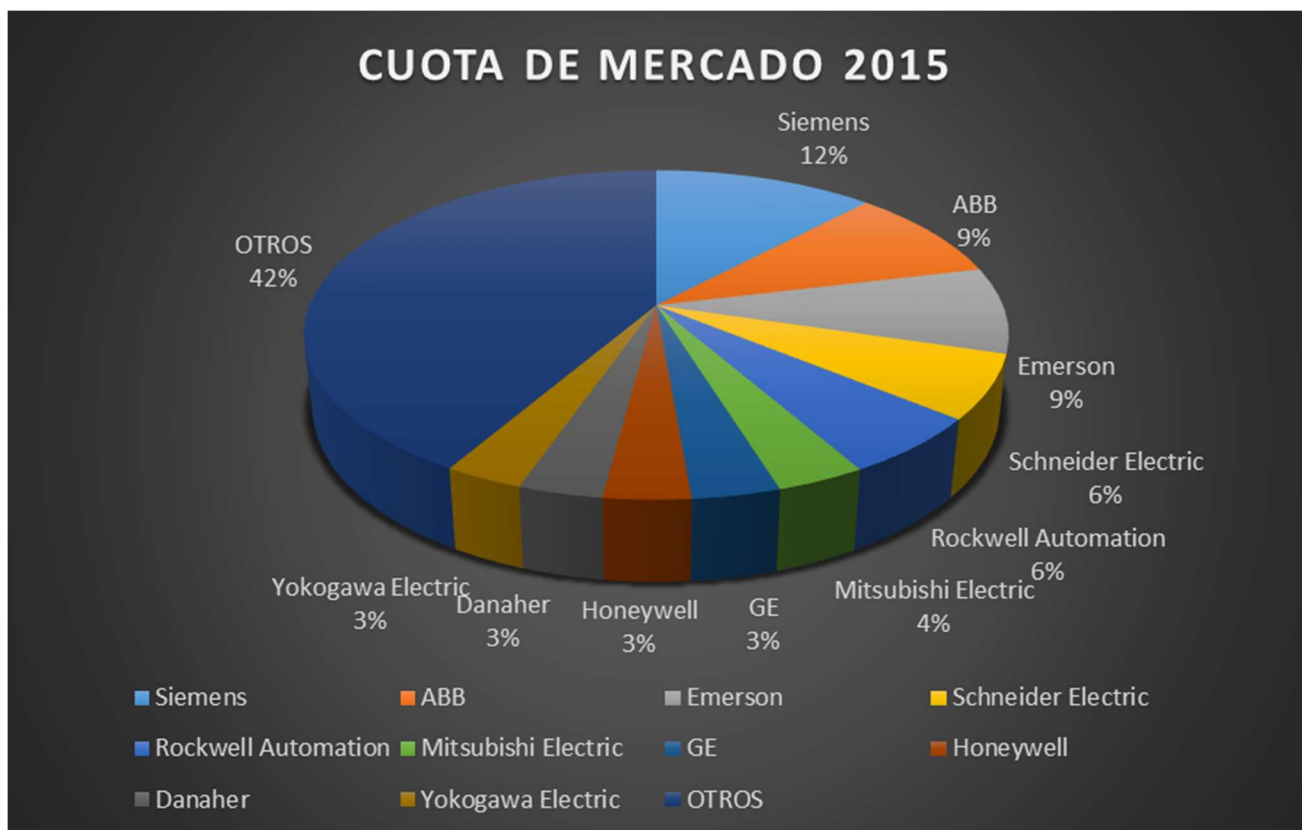


Figura 6: Cuota de mercado mundial de sistemas de control y automatización según Control Magazine.

El mercado está realmente dividido. Siemens lidera, especialmente en Europa y Oriente Medio, seguido de ABB, Emerson, Schneider Electric y Rockwell Automation. La suma de estos 5 fabricantes supone poco más del 40%. En total hay nada más ni menos que 26 fabricantes que facturan anualmente más de 1000 millones de USD.

En la Figura 7 se muestra la evolución de ventas de estos 10 mayores fabricantes, en relación al volumen de negocio. Las cifras totales parecen estancadas entorno a 100000 millones de USD desde 2011, con un significativo descenso en relación al año anterior.

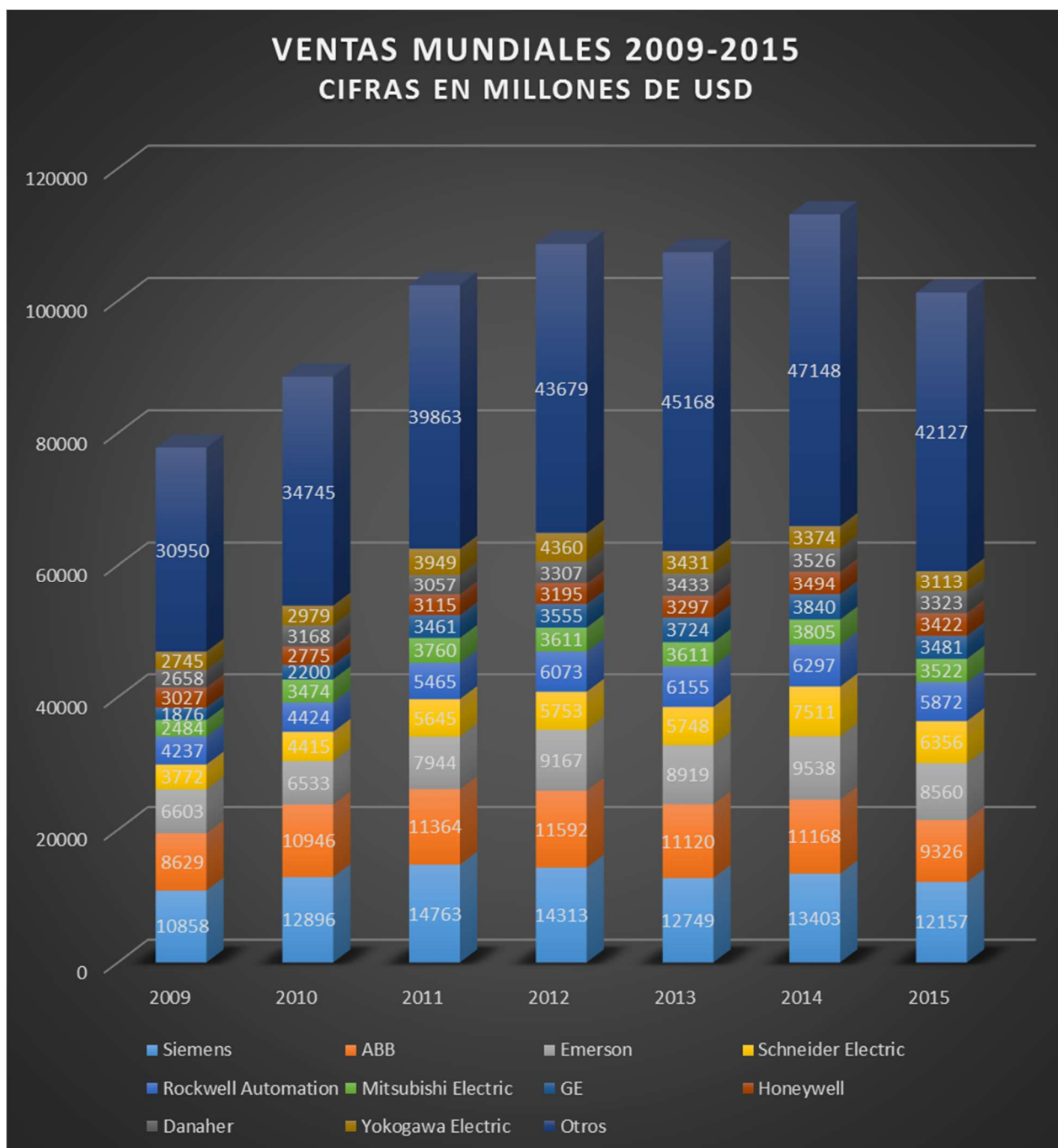


Figura 7: Evolución ventas globales, sistemas de control y automatización según Control Magazine.

2.5. Introducción a la gama de producto de Siemens Automation.

En este apartado se revisa la gama de producto actual del fabricante líder mundial en Automatización, Siemens [10], limitándose a los niveles más bajos de la pirámide de automatización (hasta el nivel 2), tras lo cual se pueden ubicar más fácilmente los equipos que van a ser utilizados en este Proyecto y que se introducen en el capítulo siguiente.

2.5.1. Controladores lógicos SIMATIC.

Siemens dispone de una completa gama de soluciones con diferentes prestaciones. En este apartado se resumen las características de cada PLC que se comercializa.

2.5.1.1. Módulo lógico LOGO!



Figura 8: Módulo lógico Logo! 8, versiones Basic (izquierda) y Pure (derecha).

La gama de controladores comienza con los módulos programables LOGO! 8, que integran en un cuerpo compacto “todo en uno” varias E/S e interfaz Ethernet para comunicar con otros módulos o controladores SIMATIC más avanzados. Su capacidad de proceso es bastante limitada. Son modulares: pueden ser ampliados mediante módulos de E/S adicionales, comunicaciones a diversos buses como AS-interface, Ethernet o telefonía móvil (GSM/GPRS/LTE) y GPS.

Existen versiones con pantalla y teclas (*Basic*) con posibilidad de cambios de función mediante pulsaciones de teclas, y más sencillas, sin ellos (*Pure*), ver Figura 8. El puerto Ethernet cuenta con servidor web integrado para configuración remota. Además, existen versiones especiales para condiciones de temperatura y ambiente extremas (*SIPLUS*).

Ejemplos de aplicación: Tareas de mando y regulación sencillas como iluminación, domótica, control de acceso, climatización o manejo de maquinaria sencilla.

2.5.1.2. Basic Controller: Serie S7-1200.



Figura 9: PLC de la serie S7-1200.

Es la gama básica de controladores (Figura 9). Aplicaciones de poca complejidad. Modulares, constan de un módulo CPU central dotado de periferia y ampliable con módulos de diversos tipos:

digitales, analógicos, especiales: maestros IO-Link, mantenimiento condicional (vibraciones), batería de respaldo, módulos de pesaje y comunicaciones (para PROFIBUS-DP). Existen versiones específicas con funciones de seguridad adicionales (F), para condiciones de temperatura y atmósferas extremas (SIPLUS) y ambas (SIPLUS-F). Ver Tabla 8.

Ejemplos de aplicación: Sistemas para situar y desplazar componentes. Ascensores, escaleras. Máquinas de herramientas, textiles, envasado, mezcladoras. Plantas de tratamiento de residuos. Climatización, alumbrado, control de acceso.

CPU Estándar →	1211C	1212C	1214C	1215C	1217C
Con funciones seguridad →			1214FC	1215FC	
Condiciones extremas →	SIPLUS 1211C	SIPLUS 1212C	SIPLUS 1214C	SIPLUS 1215C	
Con f. seguridad y condic. extremas →			SIPLUS 1214FC		
Memoria de trabajo	50 kbytes	75 kbytes	100 kbytes	125 kbytes	150 kbytes
Memoria de carga	1 Mbyte	1 Mbyte	4 Mbytes	4 Mbytes	4 Mbytes
Tiempo ej. op bit/palabra	85/1700 ns				
Aritm coma fija/flotante	n.d./2300 ns				
E/S digitales integradas	6/4	8/6	14/10	14/10	14/10
E/S analógicas integradas	2/0	2/0	2/0	2/2	2/2
Puertos PROFINET IO	1	1	1	2	2
Ampliación mediante Signal Board (insertable en el frontal del PLC)	1	1	1	1	1
Ampliación mediante Signal Modules (módulos de carril DIN)	0	2	8	8	8

Tabla 8: Características de controladores S7-1200.

2.5.1.3. Advanced Controller: Series S7-1500, S7-300 y S7-400.



Figura 10: PLC's de las series S7-1500, S7-300 y S7-400 respectivamente.

Serie avanzada de PLC's, para aplicaciones de complejidad media y alta (Figura 10). La serie S7-1500 es la más actual, manteniéndose a la venta las series S7-300 y S7-400, a las que sustituirá completamente en el futuro.

S7-1500: La serie S7-1500 consta de varias CPU's de potencia escalonada. Todas ellas disponen de funciones de control de movimiento *MOTION*. Al igual que con la S7-1200, existen versiones con funciones de seguridad adicionales (F), para condiciones extremas (SIPLUS) y ambas (SIPLUS-F). Resumen de características en la Tabla 9.

Existen los siguientes módulos de ampliación: digitales y analógicos, de entradas, salidas, o entradas/salidas. Tecnológicos: con entradas/salidas de alta precisión (μ s), con contadores de alta velocidad y detección de posición. Y de comunicaciones, para intercambio de datos punto a punto, PROFIBUS o Industrial Ethernet.

Ejemplos de aplicación: Maquinaria textil, envasado, alimentación y bebidas. Industria eléctrica/electrónica. Automoción. Tratamiento de aguas residuales. Maquinaria de todo tipo.

CPU Estándar →	1511-1 PN	1513-1 PN	1515-2 PN	1516-3 PN/DP	1517-3 PN/DP	1518-4 PN/DP	1518-4 PN/DP ODK
Con funciones seguridad →	1511F-1 PN	1513F-1 PN	1515F-2 PN	1516F-3 PN/DP	1517F-3 PN/DP	1518F-4 PN/DP	
Condiciones extremas →	SIPLUS 1511-1 PN	SIPLUS 1513-1 PN		SIPLUS 1516-3 PN/DP		SIPLUS 1518-4 PN/DP	
Con f. seguridad y condic. extremas. →	SIPLUS 1511F-1 PN	SIPLUS 1513F-1 PN		SIPLUS 1516F-3 PN/DP		SIPLUS 1518F-4 PN/DP	
Memoria para programa	150 kbytes	300 kbytes	500 kbytes	1 Mbyte	2 Mbytes	4 Mbytes	4 Mbytes
Memoria para datos	1 Mbyte	1,5 Mbytes	3 Mbytes	5 Mbytes	8 Mbytes	20 Mbytes	20 Mbytes + 20 Mbytes ODK
Memoria de carga	Enchufable mediante tarjeta de memoria SIMATIC						
Tiempo ej. op bit/palabra	60/72 ns	40/48 ns	30/36 ns	10/12 ns	2/3 ns	1/2 ns	1/2 ns
Aritm coma fija/flotante	96/384 ns	64/256 ns	48/192 ns	16/64 ns	3/12 ns	2/6 ns	2/6 ns
Recursos MOTION	800	800	2400	2400	10240	10240	10240
PROFIBUS DP	0	0	0	1	1	1	1
PROFINET IO	1	1	1	1	2	3	3

Tabla 9: Características de controladores S7-1500.

Además, se añaden (Tabla 10) 2 CPU's compactas (C) con periferia y funciones tecnológicas y 4 CPU's denominadas *tecnológicas* (T) que incorporan funciones de control de movimiento avanzadas.

	CPU's Compactas		CPU's Tecnológicas		
CPU →	1511C-1 PN	1512C-1 PN	1511T-1 PN	1515T-2 PN	1517T-3 PN/DP
Con funciones de seguridad →					1517TF-3 PN/DP
Memoria para programa	175 kbytes	250 kbytes	225 kbytes	750 kbytes	3 Mbytes
Memoria para datos	1 Mbyte	1,5 Mbytes	1 Mbyte	3 Mbytes	8 Mbytes
Memoria de carga	Enchufable mediante tarjeta de memoria SIMATIC				
Tiempo ej. op bit/palabra	60/72 ns	48/58 ns	60/72 ns	30/36 ns	2/3 ns
Aritm coma fija/flotante	96/384 ns	77/307 ns	96/384 ns	48/192 ns	3/12 ns
Recursos MOTION	800	800	800	2400	10240
Funciones MOTION avanzadas	No		Sí		
Funciones tecnológicas integradas	Contadores rápidos, medición frecuencia (100kHz) y período (6 de cada tipo)		-		
E/S digitales integradas	16/16	32/32	-		
E/S analógicas integradas	5/2	5/2	-		
PROFIBUS DP	0	0	0	0	1
PROFINET IO	1	1	1	2	2

Tabla 10: Características de controladores S7-1500 versiones C y T.

S7-300: PLC modular con rendimiento bajo a medio. Versiones F, SIPLUS, C, T. Tabla 11 a Tabla 13.

Ejemplos de aplicación: Maquinaria general, textil, envasado. Industria eléctrica/electrónica.

CPU Estándar →	312	314	315-2 DP	315-2 PN/DP	317-2 DP	317-2 PN/DP	319-3 PN/DP
Con funciones seguridad →			315F-2 DP	315F-2 PN/DP	317F-2 DP	317F-2 PN/DP	319F-3 PN/DP
Condiciones extremas →		SIPLUS 314	SIPLUS 315-2 DP	SIPLUS 315-2 PN/DP		SIPLUS 317-2 PN/DP	
Con f. seguridad y condic. extremas. →			SIPLUS 315F-2 DP	SIPLUS 315F-2 PN/DP	SIPLUS 317F-2 DP	SIPLUS 317F-2 PN/DP	
Memoria para programa	32 kbytes	128 kbytes	256 kbytes	384 kbytes	1 Mbyte	1 Mbyte	2 Mbytes
Memoria para datos	32 kbytes	64 kbytes	128 kbytes	128 kbytes	256 kbytes	256 kbytes	700 kbytes
Memoria de carga	Enchufable (MMC) máx 8 Mbyte						
Tiempo ej. op bit/palabra	100/240 ns	60/120 ns	50/90 ns	50/90 ns	25/30 ns	25/30 ns	4/10 ns
Aritm coma fija/flotante	320/1100 ns	160/590 ns	120/450 ns	120/450 ns	40/160 ns	40/160 ns	10/40 ns
PROFIBUS DP	0 (solo MPI)	0 (solo MPI)	0 (solo MPI)	1	1	1	2
PROFINET IO	0	0	1	1	1	1	1

Tabla 11: Características de controladores S7-300.

S7-300C: CPU's Compactas (con E/S integradas y funciones tecnológicas, Tabla 12).

CPU Compacta→	312C	313C	313C-2 PtP	313C-2 DP	314C-2 PtP	314C-2 DP	314C-2 PN/DP
Condiciones extremas →	SIPLUS 312C	SIPLUS 313C		SIPLUS 313C-2 DP	SIPLUS 314C-2 PtP	SIPLUS 314C-2 DP	SIPLUS 314C-2 PN/DP
Memoria para programa	64 kbytes	128 kbytes	128 kbytes	128 kbytes	192 kbytes	192 kbytes	192 kbytes
Memoria para datos	64 kbytes	64 kbytes	64 kbytes	64 kbytes	64 kbytes	64 kbytes	64 kbytes
Memoria de carga	Enchufable (MMC) máx 8 Mbyte						
Tiempo ej. op bit/palabra	100/240 ns	70/150 ns	70/150 ns	70/150 ns	60/120 ns	60/120 ns	60/120 ns
Aritm coma fija/flotante	320/1100 ns	200/720 ns	200/720 ns	200/720 ns	160/590 ns	160/590 ns	160/590 ns
E/S digitales integradas	10/6	24/16	16/16	16/16	24/16	24/16	24/16
E/S analógicas integradas	0/0	5/2	0/0	0/0	5/2	5/2	5/2
Contadores/medidores frec.	2 (10 kHz)	3 (30 kHz)	3 (30 kHz)	3 (30 kHz)	4 (60 kHz)	4 (60 kHz)	4 (60 kHz)
PWM	2 (2,5kHz)	3 (2,5 kHz)	3 (2,5 kHz)	3 (2,5 kHz)	4 (2,5 kHz)	4 (2,5 kHz)	4 (2,5 kHz)
Regulador PID	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Posicionam. en lazo abierto	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
PROFIBUS DP	0	0	0 (solo MPI)	1	0 (solo MPI)	1	1
PROFINET IO	0	0	0	0	0	0	1
Interfaces adicionales			RS422/485 PtP		RS422/485 PtP		

Tabla 12: Características de controladores S7-300C.

S7-300T: CPU's Tecnológicas, con funciones de control de movimiento (MOTION) y E/S integradas para funciones como control por levas o detección del punto de referencia. Tabla 13.

Ejemplos de aplicación: Líneas de proceso, manipulación, montaje, embotellado, etiquetado. Formadoras de cajas. Paletizadoras. Pórticos.

CPU Tecnológica→	315T-3 PN/DP	317T-3 PN/DP
Con funciones de seguridad →		317TF-3 PN/DP
Memoria para programa	384 kbytes	1024 kbytes
Memoria para datos	128 kbytes	256 kbytes
Memoria de carga	Enchufable (MMC) máx 8 Mbyte	
Tiempo ej. op bit/palabra	50/90 ns	25/30 ns
Aritm coma fija/flotante	120/450 ns	40/160 ns
E/S digitales integradas	4/8	4/8
Control de movimiento en lazo de cerrado	Sí, hasta 8 ejes	Sí, hasta 32 ejes
PROFIBUS DP	2 (1 como Maestro DP Drive)	2 (1 como Maestro DP Drive)
PROFINET IO	1	1

Tabla 13: Características de controladores S7-300T.

Los módulos de ampliación de la serie S7-300 pueden ser: digitales y analógicos, de entradas, salidas, entradas/salidas, con versiones para atmósferas potencialmente explosivas (EX). De función: contador, posicionamiento, secuenciador electrónico de levas, control binario super rápido, regulación de temperatura, interfaz con encoder, interfaz con accionamientos analógicos, módulos de pesaje, medición de caudales. De comunicaciones.

S7-400: PLC modular de mayor rendimiento para la industria manufacturera e ingeniería de procesos. Posibilidad de multiprocesador y elevadas posibilidades de ampliación. Tabla 14 a Tabla 16.

Ejemplos de aplicación: Industria del automóvil. Construcción de maquinaria. Envasado, embalaje y almacenamiento. Industria siderúrgica. Generación/distribución de energía. Industria papelera. Procesamiento de madera. Industria de alimentación/bebidas. Industria petroquímica y farmacéutica.

CPU Estándar→	412-1	412-2	412-2 PN	414-2	414-3	414-3 PN/DP
Condiciones extremas →			SIPLUS 412-2 PN			SIPLUS 414-3 PN/DP
Con funciones de seguridad →						414-F3 PN/DP
Memoria para programa	256 kbytes	512 kbytes	512 kbytes	1 Mbyte	2 Mbytes	2 Mbytes
Memoria para datos	256 kbytes	512 kbytes	512 kbytes	1 Mbyte	2 Mbytes	2 Mbytes
Memoria de carga	RAM integrada 512 kbytes, ampliable hasta a 64 Mbytes con Memory Card (FLASH o RAM)					
Tiempo ej. op bit/palabra	31,25/31,25 ns	31,25/31,25 ns	31,25/31,25 ns	18,75/18,75 ns	18,75/18,75 ns	18,75/18,75 ns
Aritm coma fija/flotante	31,25/62,5 ns	31,25/62,5 ns	31,25/62,5 ns	18,75/37,5 ns	18,75/37,5 ns	18,75/37,5 ns
PROFIBUS DP	1	2	1	2	3	2
PROFINET IO	0	0	1	0	0	1

Tabla 14: Características de controladores S7-400, parte 1.

CPU Estándar→	416-2	416-3	416-3 PN/DP	417-4
Condiciones extremas →		SIPLUS 416-3	SIPLUS 416-3 PN/DP	SIPLUS 417-4
Con funciones de seguridad →	416F-2		416F-3 PN/DP	
Memoria para programa	4 Mbytes	8 Mbytes	8 Mbytes	16 Mbytes
Memoria para datos	4 Mbytes	8 Mbytes	8 Mbytes	16 Mbytes
Memoria de carga	RAM integrada 1 Mbyte, ampliable hasta a 64 Mbytes con Memory Card (FLASH o RAM)			
Tiempo ej. op bit/palabra	12,5/12,5 ns	12,5/12,5 ns	12,5/12,5 ns	7,5/7,5 ns
Aritm coma fija/flotante	12,5/25 ns	12,5/25 ns	12,5/25 ns	7,5/12,5 ns
PROFIBUS DP	2	3	2	4
PROFINET IO	0	0	1	0

Tabla 15: Características de controladores S7-400, parte 2.

S7-400H: CPU's de alta disponibilidad (Tabla 16):

CPU Alta disponibilidad →	412-5H PN/PD	414-5H PN/PD	416-5H PN/PD	417-5H PN/PD
Condiciones extremas →	SIPLUS 412-5H PN/PD	SIPLUS 414-5H PN/PD	SIPLUS 416-5H PN/PD	SIPLUS 417-5H PN/PD
Con funciones de seguridad →	Necesaria licencia Runtime F			
Memoria para programa	512 kbytes	2 Mbytes	6 Mbytes	16 Mbytes
Memoria para datos	512 kbytes	2 Mbytes	10 Mbytes	16 Mbytes
Memoria de carga	RAM hasta 512 kbytes		RAM hasta 1 Mbyte	
	Ampliable hasta a 64 Mbytes con Memory Card (FLASH o RAM)			
Tiempo ej. op bit/palabra	31,25/31,25 ns	18,75/18,75 ns	12,5/12,5 ns	7,5/7,5 ns
Aritm coma fija/flotante	12,5/25 ns	18,75/37,5 ns	12,5/25 ns	7,5/12,5 ns
PROFIBUS DP	2	2	2	2
PROFINET IO	1	1	1	1
Slots para mód. sincronización (F.O)	2	2	2	2

Tabla 16: Características de controladores S7-400H.

Para la serie S7-400 existen los siguientes módulos de ampliación. De señales: digitales y analógicos. De función: contador, posicionamiento, secuenciador de levas, regulador de temperatura. Tecnológico (FM 458-1 DP): para tareas de regulación de alto rendimiento, con control de movimiento MOTION. De comunicaciones. Y de interfaz, para ampliar la estación principal ya sea centralizadamente o descentralizadamente.

2.5.1.4. Controladores distribuidos.

Dentro de la oferta de controladores lógicos existen una serie de controladores especialmente diseñados para trabajar de forma distribuida, dependiendo de un maestro remoto. Características en Tabla 17 y Tabla 18.

Se introduce la gama de diferentes periféricas distribuidas ET200 de Siemens en un apartado posterior.

CPU Distribuida→	1510SP-1 PN	1512SP-1 PN	1516pro-2 PN	IM 154-8 PN/DP		
Con funciones de seguridad →	1510SP F-1 PN	1512SP F-1 PN	1516pro F-2 PN		IM 154-8F PN/DP	IM 154-8FX PN/DP
Condiciones extremas →	SIPLUS 1510SP F-1 PN	SIPLUS 1512SP F-1 PN				
Memoria para programa	150 kbytes	300 kbytes	1 Mbyte	384 kbytes	512 kbytes	1,5 Mbytes
Memoria para datos	750 kbytes	1 Mbyte	5 Mbytes			
Memoria de carga	Enchufable, máx 64 Mbytes			Enchufable, máx 8 Mbytes		
Tiempo ej. op bit/palabra	72/86 ns	48/58 ns	10/12 ns	50/90 ns	50/90 ns	25/30 ns
Aritm coma fija/flotante	115/461 ns	77/30 ns	16/64 ns	120/450 ns	120/450 ns	40/160 ns
PROFIBUS DP	Mediante módulo comunicaciones			1	1	1
PROFINET IO	1	1	2	1	1	1
Basado en periferia	ET200SP	ET200SP	ET200pro	ET200pro	ET200pro	ET200pro
Basado en serie	S7-1500	S7-1500	S7-1500	S7-300	S7-300	S7-300

Tabla 17: Características de controladores distribuidos basados en periféricas ET200SP y ET200pro.

CPU Distribuida→	IM 151-7 FO	IM 151-7	IM 151-8 PN/DP
Con funciones de seguridad →		IM 151-7F	IM 151-8F PN/DP
Condiciones extremas →		SIPLUS IM 151-7	SIPLUS IM 151-8 PN/DP
Con f. seguridad y condic. Extremas. →		SIPLUS IM 151-7F	SIPLUS IM 151-8F PN/DP
Memoria para programa	48 kbytes	128 kbytes	192 kbytes
Memoria para datos	48 kbytes	64 kbytes	64 kbytes
Memoria de carga	Enchufable, máx 8 Mbytes		
Tiempo ej. op bit/palabra	0,3/1 µs	0,06/0,12 µs	0,06/0,12 µs
Aritm coma fija/flotante	2/50 µs	0,16/0,59 µs	0,16/0,59 µs
PROFIBUS DP	1	1 (+1 externo)	0 (+1 externo)
PROFINET IO	0	0	1
Interfaz de F.O.	1	-	-
Basado en periferia	ET200S	ET200S	ET200S
Basado en serie	S7-400	S7-400	S7-400

Tabla 18: Características de controladores distribuidos basados en periféricas ET200S.

2.5.1.5. Controladores software.

También existe la posibilidad de ejecutar un software que simule las funciones de un PLC en un PC Industrial que cumpla unos requisitos hardware, por ejemplo, un SIMATIC IPC (ver apartado 2.5.6).

Existen 2 gamas de software, los cuales disponen a su vez versiones con funciones de seguridad (F) y posibilidad de utilizar lenguajes de alto nivel para integrar soluciones ya existentes (ODK):

- S7-1500 Software Controller, que simula un PLC de la serie S7-1500, denominado 1507S. Se recomienda utilizar un Box PC IPC427D (ver apartado 2.5.6.2) o un Panel PC IPC477D (2.5.6.3), consiguiendo tiempos de ejecución de pocos nanosegundos.
- WinAC RTX 2010, la generación anterior. Puede simular un PLC de la serie S7-300 y trabajar con sus módulos de ampliación.

2.5.1.6. Periferia descentralizada ET 200.



Figura 11: De izquierda a derecha, ET 200S, ET 200iSP y ET 200pro en la fila superior, ET 200S COMPACT, ET 200MP, ET 200M, ET 200eco y ET 200eco PN en la fila inferior.

La gama de periferia descentralizada (E/S remota) de Siemens se denomina ET 200 y ofrece diversas soluciones (Figura 11). Ya se citó alguna de ellas en el apartado Controladores distribuidos, 2.5.1.4.

Según su grado de protección, se clasifican en:

- Para dentro de armario eléctrico (IP20):
 - ET 200SP: Periferia escalable, modular, flexible y sencilla.
 - ET 200S: Amplia gama de módulos: arrancadores de motor, funciones de seguridad, módulos tecnológicos, inteligencia descentralizada y módulos IO-Link.
 - ET 200MP: Última generación. Utiliza módulos estándar de la serie S7-1500.
 - ET 200M: Utiliza módulos estándar de la serie S7-300, configuración redundante.
 - ET 200iSP: Seguridad intrínseca para áreas con peligro de explosión.

- Sin armario eléctrico, exterior (IP65/67):
 - ET 200pro: Pequeño y multifuncional.
 - ET 200AL: Módulos compactos, maestro IO-Link.
 - ET 200eco PN: Tipo bloque, conectividad a Profinet.
 - ET 200eco: Tipo bloque, Profibus.

También existe una gama de E/S para elementos calefactores, denominada SIPLUS HCS.

2.5.1.7. Sistemas de regulación.



Figura 12: Rack SIMATIC TDC a la izquierda, módulo tecnológico FM 458-1 DP a la derecha.

Para tareas de regulación de alto rendimiento, Siemens oferta dos productos (Figura 12):

- **FM 458-1 DP:** Módulo de ampliación tecnológico, basado en S7-400, que ya mencionamos en su apartado. Interfaz PROFIBUS DP para conectar la periferia descentralizada y variadores de velocidad. Utilizado en soluciones mecatrónicas con tiempos de ciclo muy cortos, dentro del ámbito de la producción, embalaje y máquinas impresoras.
- **SIMATIC TDC** (“Technology and Drive Control”): Sistema modular multiprocesador basado en racks, con capacidad de cálculo extrema. Se pueden conectar entre sí hasta 44 racks. Utilizado en construcción de instalaciones, aplicaciones metalúrgicas y de laminación y en distribución de energía.

Los diferentes módulos SIMATIC TDC disponibles son: módulos procesador, de memoria de programa, de comunicaciones (PROFIBUS DP o Ethernet), de acoplamiento (para comunicar con la generación anterior SIMADYN D) y de periferia (para conectar múltiples E/S, incluyendo entradas analógicas integrantes y entradas para encoder incremental y absoluto).

2.5.2. Sistemas de Control de Movimiento SIMOTION.



Figura 13: Equipos SIMOTION P, SIMOTION C y SIMOTION D.

Además de los dos productos que se acaban de mencionar, Siemens dispone de una plataforma específica para tareas de control de movimiento, llamada SIMOTION, que incluye software de interpolación y posicionamiento específico (Figura 13). La comunicación con el sistema de accionamiento se realiza por medio de Profibus (DP) o Profinet (PN). Existen tres tipos de hardware según las necesidades:

- **SIMOTION D:** Integrado en el accionamiento. La funcionalidad se integra en el módulo de control el lazo cerrado del sistema de accionamiento SINAMICS S120 (convertidor para baja tensión de alto rendimiento de Siemens). Con ello se logra un sistema compacto y potente. Existen las siguientes variantes:
 - Para control de 1 eje, con opción de multi-eje: D410-2 DP y DP/PN.
 - Multi-eje, de menor a mayor rendimiento y número de ejes controlables:
 - 16 ejes: D425-2 DP y DP/PN.
 - 32 ejes: D435-2 DP y DP/PN.
 - 64 ejes: D445-2 DP/PN.
 - 128 ejes: D455-2 DP/PN.
- **SIMOTION P:** Integrado en PC industrial, que posibilita la ejecución de otras aplicaciones basadas en PC. Dos versiones:
 - Embebida: P320-4 E: Procesador Intel i3, almacenamiento Compact Flash y sistema operativo Windows Embedded Standard 7.
 - Estándar: P320-4 S: Procesador Intel i7, almacenamiento SSD y sistema operativo Windows 7 Ultimate.
- **SIMOTION C:** Solución modular basada en el diseño del S7-300. Dos versiones:
 - C240: Control de 1 eje, con opción de multi-eje.
 - C240 PN: Añade varios puertos PROFINET iRT al anterior.

2.5.3. Sistemas de Control Numérico Computerizado (CNC) SINUMERIK.



Figura 14: Sistema de control numérico SINUMERIK 840D sl.

También existen soluciones específicas de Control Numérico Computerizado para talleres de mecanizado (ejemplo Figura 14). La gama queda resumida en la siguiente Tabla 19:

Gama	Básica	Compacta	Premium
SINUMERIK	808D 808D ADVANCED	828D BASIC 828D	840D sl BASIC 840D sl
Basado en	Paneles	Paneles	Accionamiento
Tecnologías	Tornear, fresar	Tornear, fresar, rectificar	Tornear, fresar, rectificar, tallado de engranajes, mecanizado de composites, contornear, etc.
Ejes/cabezales (máx)	5	10	93
Canales de mecanizado	1	2	30
Pantalla	7,5"	8,4"/10,4"	En módulos, hasta 19"
PLC	SIMATIC S7-200	SIMATIC S7-200	SIMATIC S7-300
Sistema de accionamiento SINAMICS	SINAMICS V60 SINAMICS V70	SINAMICS S120 SINAMICS S120 Combi	SINAMICS S120 SINAMICS S120 Combi

Tabla 19: Resumen de características de sistemas CNC SINUMERIK.

2.5.4. Sistemas para manejo y visualización SIMATIC HMI.

Hay una extensa gama de HMI's que permiten realizar las tareas de manejo y visualización a pie de máquina. El software de SIEMENS para diseño del sistema de visualización, monitorización, configuración y control (SCADA) se denomina WinCC y es común para todos sus dispositivos de esta gama.

2.5.4.1. HMI básicos: paneles básicos.



Figura 15: HMI básicos, paneles KTP arriba, teclados KP8/KP32 abajo.

Además de unos sencillos teclados de 8 (KP8, KP8F) y 32 teclas (KP32F), con conectividad PROFINET, tienen una variedad de paneles básicos (Figura 15: HMI básicos, paneles KTP arriba, teclados KP8/KP32 abajo). La generación actual (con paneles táctiles) convive con un par de modelos de la primera generación (Tabla 20).

	KP300 Basic Mono	KP400 Basic Color	KTP400 Basic	KTP700 Basic	KTP700 Basic DP	KTP900 Basic	KTP1200 Basic	KTP1200 Basic DP
Generación	1ª	1ª	2ª	2ª	2ª	2ª	2ª	2ª
Pantalla	FSTN 3.6"	TFT 4.3"	TFT 4.3"	TFT 7"	TFT 7"	TFT 9"	TFT 12"	TFT 12"
Resolución	320 x 240	480 x 272	480 x 272	800 x 480	800 x 480	800 x 480	1280 x 800	1280 x 800
Colores	Monocromo	256	65536	65536	65536	65536	65536	65536
Pantalla táctil	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Nº teclas	20	34	4	8	8	8	10	10
USB	No	No	1	1	1	1	1	1
PROFINET	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No
PROFIBUS DP	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí
Opción SIPLUS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 20: Características de HMI básicos.

2.5.4.2. HMI avanzados basados en panel.



Figura 16: Varios Comfort Panels, con y sin teclas. Abajo, dos Mobile Panels.

La serie más avanzada de paneles se divide en “Comfort Panels” y “Mobile Panels” (Figura 16), estos últimos portátiles y ergonómicos, protección IP65 y resistentes a caídas, con comunicación vía cable o wifi, cuando la aplicación de supervisión, control, puesta en marcha o mantenimiento requiere movilidad a pie de máquina.

▪ **Comfort Panels (Tabla 21):**

	KTP400 Comfort	TP700 Comfort	TP900 Comfort	TP1200 Comfort	TP1500 Comfort	TP1900 Comfort	TP2200 Comfort	KP400 Comfort	KP700 Comfort	KP900 Comfort	KP1200 Comfort	KP1500 Comfort
Pantalla	4,3” TFT	7” TFT	9” TFT	12,1” TFT	15,4” TFT	18,5” TFT	21,5” TFT	4,3” TFT	7” TFT	9” TFT	12,1” TFT	15,4” TFT
Resolución	480 x 272	800 x 480	800 x 480	1280 x 800	1280 x 800	1366 x 768	1920 x 1080	480 x 272	800 x 480	800 x 480	1280 x 800	1280 x 800
Colores	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill
Pantalla táctil	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
Nº teclas	4	-	-	-	-	-	-	8	24	26	34	36
Teclado físico (de membrana)	Sí	-	-	-	-	-	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
USB	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
PROFINET	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
PROFIBUS DP	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Opción de exterior	-	Sí	-	-	Sí	-	-	-	-	-	-	-
Opción acero inox.	-	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	-	-	-	-	-	-
Opción SIPLUS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 21: Características de Comfort Panels.

▪ **Mobile Panels (Tabla 22):**

	KTP400F Mobile	KTP700 Mobile	KTP700F Mobile	KTP900 Mobile	KTP900F Mobile	277 IWLAN	277F IWLAN	277 8”	277 10”	177 DP	177 PN
Pantalla	4,3” TFT	7” TFT	7” TFT	9” TFT	9” TFT	7,5” TFT	7,5” TFT	7,5” TFT	10,4” TFT	5,7” STN	5,7” STN
Resolución	480 x 272	800 x 480	800 x 480	800 x 480	800 x 480	640 x 480	640 x 480	640 x 480	800 x 600	320 x 240	320 x 240
Colores	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	16 mill	65536	65536	65536	65536	256	256
Pantalla táctil	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Teclas	4	8	8	10	10	18	18	18	0	14	14
Pulsadores luminosos	2	2	2	2	2	1 (opc)	1 (opc)	2 (opc)	No	1 (opc)	1 (opc)
Interruptor de llave, pulsador de validación, seta de emergencia, volante	Sí Sí Sí -	No No No -	Sí Sí Sí -	No No No -	Sí Sí Sí -	Opción No No Opción	Opción Sí Sí Opción	Opción Sí Opción Opción	No Sí Sí -	Opción Sí Opción -	Opción Sí Opción -
PROFINET	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Perfil PROFISAFE	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	No	-	No
PROFIBUS DP	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No
USB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Industrial WLAN (Wifi)	-	-	-	-	-	Sí	Sí	-	-	-	-
RFID Tag	-	-	-	-	-	-	Opción	-	-	-	-
Peso	0,7 kg	1,2 kg	1,3 kg	1,5 kg	1,6 kg	2,2 kg	2,2 kg	1,7 kg	2,3 kg	1,3 kg	1,3 kg

Tabla 22: Características de Mobile Panels.

2.5.4.3. HMI avanzados basados en PC.

Además, existe una gama de HMI's basados en PC, a saber, Panel PC's (PC's industriales con pantalla integrada), monitores industriales y “thin clients”, se detallan en el apartado 2.5.6.

2.5.5. Sistemas de identificación.



Figura 17: Sistemas de identificación de la gama RF300, RF600 y MV420.

Se dispone de varios sistemas de identificación (Figura 17) que se utilizan bien en el proceso productivo, bien en la parte logística.

- Basados en RFID (identificación por radiofrecuencia):

	RF200	RF300	MOBY D	RF600
Banda	HF	HF	HF	UHF
Frec. Transmisión	13,56 MHz	13,56 MHz	13,56 MHz	865-925 MHz
Alcance máx	650 mm	210 mm	380 mm	8 m
Memoria, máx	EEPROM 992 bytes FRAM 8192 bytes	64 kbytes	EEPROM 992 bytes FRAM 2000 bytes	496 bits EPC 3242 bytes
Velocidad transf.	26,5 kbits/s	106 kbits/s	26,5 kbits/s	300 kbits/s

Tabla 23: Sistemas de identificación basados en RFID.

- Basados en lectura de códigos:
 - Lectores ópticos estacionarios: MV420 (muy pequeño, sensor CMOS) y MV440 (pequeño, sensor CCD).
 - Lectores ópticos de mano: MV320, MV325 y MV340.

Aparte del hardware, Siemens tiene disponible un potente software, listo para su uso, de verificación de códigos, reconocimiento de objetos y textos.

2.5.6. Automatización basada en PC. PC's industriales.



Figura 18: Panel PC's, monitores industriales y "thin clients", abajo.

Siemens ofrece una serie de soluciones de automatización basada en PC's industriales: instalación en rack, compactos, con pantalla táctil integrada y tablets, además de varias opciones de visualización para aplicaciones distribuidas (Figura 18).

Todos ellos están diseñados para funcionar 24h/día en condiciones industriales (alta resistencia a choques, rango de temperaturas ampliado) y disponen de funciones de monitorización y alarma integrados.

2.5.6.1. Rack PC.



Figura 19: Rack PC's.

PC's industriales para instalación en rack, flexibles, compactos y potentes (Figura 19). Las características de estos equipos se resumen en la siguiente Tabla 24.

	IPC347E	IPC547E	IPC647D	IPC847D
Tensión alim.	100-240Vac	100-240Vac	100-240Vac	100-240Vac
Procesadores disponibles	Intel Pentium G3420 Intel Core i5-4570S	Intel Xeon E3-1275 v5 Intel Core i7-6700 Intel Core i5-6500 Intel Pentium G4400	Intel Xeon E3-1268L v3 Intel Core i5-4570TE Intel Core i3-4330TE	Intel Xeon E3-1275 v3 Intel Xeon E3-1268L v3 Intel Core i5-4570TE Intel Core i3-4330TE
Memoria principal	2/4 Gb DDR3 ampliable a 16 Gb	4 Gb DDR3 ampliable a 64 Gb	2 Gb DDR3 ampliable a 32 Gb ECC opcional	2 Gb DDR3 ampliable a 32 Gb ECC opcional
Ranuras de ampliación	1 PCI-E x16 1 PCI-E x8 1 PCI x1 4 PCI	2 PCI-E x16 1 PCI-E x8 2 PCI-E x4 2 PCI	4 PCI-E x16 (ranuras compartidas)	1 PCI-E x16 3 PCI-E x4 7 PCI (ranuras compartidas)
Salidas de video	1 DVI-D 1 VGA	1 DisplayPort 1 DVI-D	2 DisplayPorts 1 DVI-I	2 DisplayPorts 1 DVI-I
Sistemas Operativos disponibles	Win7 Ultimate 64	Win7 Ultimate 64 Win10 IoT Enterprise 64 Win Server 2008 64 Win Server 2012 64	Win7 Ultimate 32/64 Win10 IoT Enterprise 64 Win Server 2008 64 Win Server 2012 64	Win7 Ultimate 32/64 Win10 IoT Enterprise 64 Win Server 2008 64 Win Server 2012 64
PROFIBUS/MPI	-	-	12 Mbits/s	12 Mbits/s
PROFINET	-	-	3 RJ45	3 RJ45
Ethernet	2, Gigabit	2, Gigabit	2, Gigabit	2, Gigabit
USB 3.0	2	6	4	4
USB 2.0	5	4	3	3
Discos internos	Sí	Sí, SSD	No	Sí, SSD
Discos extraíbles	No	Sí, SSD	Sí, SSD	Sí, SSD
RAID 1/5	-/-	Sí/Sí	Sí/No	Sí/Sí
Unidad DVD/RW	-	Sí	Sí	Sí
F.A. redundada	No	Opción	Opción	Opción

Tabla 24: Características de Rack PC's.

Se siguen comercializando Rack PC's con la anterior generación de procesadores Intel: IPC647C e IPC847C.

2.5.6.2. Box PC.



Figura 20: Box PC's.

Para aplicaciones que exigen instalaciones más compactas aún, en armarios eléctricos por ejemplo (Figura 20, características en Tabla 25).

	IPC227E (Nanobox)	IPC427E (Microbox)	Box PC IPC627D	Box PC IPC827D
Tensión alim.	24Vdc	24Vdc	100-240Vac / 24Vdc	100-240Vac / 24Vdc
Procesadores disponibles	Intel Celeron N2807 Intel Celeron N2930	Intel Celeron G3902 Intel Core i3-6102E Intel Core i5-6442EQ Intel Xeon E3-1505L v5	Intel Celeron G1820TE Intel Core i3-4330TE Intel Xeon E3-1268L v3	Intel Celeron G1820TE Intel Core i3-4330TE Intel Xeon E3-1268L v3
Sin ventilador	Sí	Sí	No	No
Contr. gráfico	-	Intel HD Graphics	Intel HD Grap. (Celeron) Intel P4600 GT2 (resto)	Intel HD Grap. (Celeron) Intel P4600 GT2 (resto)
Memoria principal	2/4/8 Gb DDR3L	4-16Gb DDR4 SoDIMM ECC opcional	2-16 Gb DDR ECC opcional	2-16 Gb DDR ECC opcional
Ranuras de ampliación	1 PCI-E x1	2 PCI-E x4 2 PCI-E x1 (ranuras compartidas)	1 PCI-E x16 1 PCI-E x4 2 PCI (ranuras compartidas)	1 PCI-E x16 1 PCI-E x4 3 PCI
Salidas de video	1 DisplayPort	2 DisplayPorts	1 DisplayPort 1 DVI-I	1 DisplayPort 1 DVI-I
Sist. Operativos disponibles	Win7 Ultimate 32/64	Win7 Ultimate 32/64	Win7 Ultimate 32/64 Win10 IoT Enterprise 64	Win7 Ultimate 32/64 Win10 IoT Enterprise 64
PROFIBUS/MPI	-	-	Opcional, 12 Mbits/s	Opcional, 12 Mbits/s
PROFINET	-	-	3 (opcional)	3 (opcional)
Ethernet	2, Gigabit	3, Gigabit	2, Gigabit	3, Gigabit
USB 3.0	1	4	4	4
USB 2.0	3	0	0	0
Discos internos	2,5" SATA, SSD opcional	2,5" SATA, SSD opcional	1x3,5" ó 2x2,5" SATA, SSD opcional	1x3,5" ó 2x2,5" SATA, SSD opcional
RAID 1	-	-	Sí, en 2x2,5"	Sí, en 2x2,5"
Unidad DVD/RW	-	-	Opcional	Opcional

Tabla 25: Características de Box PC's.

Se siguen comercializando Box PC's con la anterior generación de procesadores Intel: IPC227D, IPC427D, IPC627C e IPC 827C.

2.5.6.3. Panel PC.



Figura 21: Panel PC's.

PC's industriales completos que incluyen un panel táctil (Figura 21).

Se tratan de Box PC's (apartado 2.5.6.2) con un panel táctil incorporado. Para instalación en armarios eléctricos, pupitres o en la misma máquina a controlar, cuando se necesitan ejecutar adicionalmente aplicaciones basadas en PC (Windows). Variedad de procesadores, tamaños de pantalla, opción de pantalla capacitiva (multitáctil), sin partes móviles y cuerpo de acero inoxidable (IP66, apto para la industria alimentaria, marcadas con (*)). Características en la Tabla 26:

	IPC277E	IPC477D	IPC477E	IPC677D
Tamaño pantalla, resolución, tecn.	7" 800x480 resistiva 9" 800x480 resistiva 12" 1280x800 resistiva 15" 1280x800 resistiva 19" 1366x768 resist. (*)	12" 1280x800 resistiva 15" 1280x800 resistiva 15" 1280x800 resistiva y 36 teclas de función 19" 1366x768 resistiva 22" 1920x1080 resistiva 15" 1280x900 cap. (*) 19" 1366x768 cap. (*) 22" 1920x1080 cap. (*)	15" 1280x900 resistiva 19" 1366x768 resistiva 22" 1920x1080 resistiva 15" 1280x900 capacitiva 19" 1366x768 capacitiva 22" 1920x1080 capacit.	15" 1280x900 resistiva 19" 1366x768 resistiva 22" 1920x1080 resistiva 15" 1280x900 capacitiva 19" 1366x768 capacitiva 22" 1920x1080 capacit.
Tensión alim.	24Vdc	100-240Vac / 24Vdc	100-240Vac / 24Vdc	100-240Vac / 24Vdc
Procesadores disponibles	Intel Celeron N2807 Intel Celeron N2930	Intel Celeron 827E Intel Core i3-3217UE Intel Core i7-3517UE	Intel Celeron G3902 Intel Core i3-6102E Intel Core i5-6442EQ Intel Xeon E3-1505L	Intel Celeron G1820TE Intel Core i3-4330TE Intel Xeon E3-1268L v3
Sin ventilador	Sí	No	No	No
Contr. gráfico	-	Intel HD Graphics	Intel HD Graphics	Intel HD Grap. (Celeron) Intel P4600 GT2 (resto)
Memoria principal	2/4/8 Gb DDR3L	1-8Gb DDR3 ECC opcional	4-16Gb DDR4 SoDIMM ECC opcional	2-16 Gb DDR3 ECC opcional
Ranuras de ampliación	-	2 PCI-E x4	1 PCI-E x4	1 PCI-E x16 1 PCI-E x4
Salidas de video	1 DisplayPort	1 DVI	2 DisplayPorts	1 DisplayPort 1 DVI-I
Sist. Operativos disponibles	Win7 Ultimate 32/64	Win7 Ultimate 32/64	Win7 Ultimate 64 Win Embedded Std 7 Win10 IoT Enterprise 64	Win7 Ultimate 32/64 Win10 IoT Enterprise 64
PROFIBUS/MPI	-	Opcional, 12 Mbits/s	-	Opcional, 12 Mbits/s
PROFINET	-	3 (opcional)	3	3 (opcional)
Ethernet	2, Gigabit	2, 10/100	3, Gigabit	2, Gigabit
USB 3.0	1	4	4	4
USB 2.0	3	0	0	0
Discos internos	2,5" SATA SSD	2,5" SATA SSD	1x2,5" SATA SSD	1x3,5" ó 2x2,5" SATA, SSD opcional
RAID 1	-	-	-	Sí, en 2x2,5"
Unidad DVD/RW	-	Opcional	-	Opcional

Tabla 26: Características de Panel PC's.

Se siguen comercializando algún Panel PC con la gama anterior de procesadores Intel: Panel PC 277D.

Además, se ofertan 2 Panel PC's certificados para zonas potencialmente peligrosas, para la industria del gas y petróleo, Tabla 27:

	Panel PC Ex OG	HMI Panel Pc Ex
Tamaño pantalla, resolución, tecnología	15" 1280x800 capacitiva 22" 1366x768 capacitiva (con 8 teclas de función ambos modelos)	15" 1280x900 capacitiva 19" 1366x768 capacitiva (con 8 teclas de función ambos modelos)
Tensión alim.	100-240Vac / 24Vdc	24Vdc
Procesadores disponibles	Intel Core i7-3517UE	Intel Atom E3845
Sin ventilador	Sí	Sí
Contr. gráfico	Intel HD Graphics	Intel HD Graphics
Memoria principal	4/8 Gb DDR3	4 Gb DDR2
Ranuras de ampliación	-	-
Salidas de video	1 DVI	1 DVI
Sist. Operativos disponibles	Win7 Ultimate 32/64	Win7 Ultimate 32/64
PROFIBUS/MPI	-	Opcional, 12 Mbits/s
PROFINET	-	3 (opcional)
Ethernet Ex	2, Gigabit / FO 100Mbit	2, 10/100 / FO 100Mbit
WLAN	2	-
USB 3.0 Ex	4	0
USB 2.0 Ex	0	0
Discos internos	2,5" SATA SSD	2,5" SATA SSD

Tabla 27: Características de Panel PC's certificados Ex.

2.5.6.4. Tablet PC.



Figura 22: Tablet PC ITP1000.

Portátil y robusta, perfecta para aplicaciones de mantenimiento, comprobación y puesta en marcha. Figura 22 y Tabla 28.

	Tablet PC ITP1000
Tamaño pantalla, resolución, tecn.	10" 1280x800 capacitiva (con 8 teclas de función)
Peso	1,6 kg
Batería	5900 mAh
Procesadores disponibles	Intel Core i5-6442EQ
Contr. gráfico	Intel HD Graphics
Memoria principal	4/8/16 Gb DDR4
Salidas de video	1 mini DisplayPort
Sist. Operativos disponibles	Win7 Ultimate 64
Ethernet	1, Gigabit
WLAN / Bluetooth	Sí / Sí
USB 3.0	2
Discos internos	SATA M2
Opciones	Cámara 5 Mp con función linterna Lector código de barras Lector RFID

Tabla 28: Características de Tablet PC.

2.5.6.5. Monitores industriales y “thin clients”.



Figura 23: Varios paneles IFP.

Para aplicaciones de visualización descentralizadas.

Los monitores industriales se dividen en dos familias, Flat Panels (conviven dos generaciones), y dos modelos SCD. Para conexión por ejemplo a Rack PC's, Box PC's o como segunda pantalla de Panel PC's.

Gama IFP (Industrial Flat Panels, Figura 23):

- Tamaños de pantalla y resolución:
 - IFP1200: 12", 1280x800.
 - IFP1500: 15", 1280x800 ó 1366x768.
 - IFP1900: 19", 1366x768.
 - IFP2200: 22", 1980x1080.
- Sólo visualización, táctil, con teclas o multitáctil.
- Opción de conexión hasta 30 metros (vía ethernet o USB): versiones EXT.
- Opción de protección IP65 en toda la superficie: IFP1900 PRO, IFP2200 PRO.
- Versión en acero inoxidable (industria alimenticia): IFP1900 INOX PRO.

Gama Flat Panels:

- Tamaños de pantalla y resolución:
 - Flat Panel 12", 800x600.
 - Flat Panel 15", 1024x768.
 - Flat Panel 19", 1280x1024.
- Versiones táctiles resistivas disponibles.
- Versiones EXT disponibles (conectables hasta 30m).
- Versiones con 36 teclas opcionales en modelos de 12" y 15" no táctiles.
- Versiones PRO (IP65) opcionales en 15 y 19".

Gama SCD:

- SCD1900: 19", 1440x900.
- SCD1901-D: 19", 1280x1024, para sobremesa.

Además de la gama de paneles industriales, existen los llamados "Thin Clients", ordenadores "básicos" mediante los cuales es posible manejar las aplicaciones que se ejecutan en un PC industrial o servidor remoto conectado a través de interfaz Profinet/Ethernet. Es posible conectar un servidor a varios "thin clients" y, a la inversa, varios servidores a un "thin client". Tan sencillos de configurar como introducir las IP's del servidor remoto.

Gama Industrial Thin Clients:

- Tamaños de pantalla y resolución:
 - ITC1200, 12", 1280x800, táctil.
 - ITC1500, 15", 1280x800, táctil. Versión IP65 disponible (PRO).
 - ITC1900, 19", 1366x768, táctil. Versión acero inoxidable disponible.
 - ITC2200, 22", 1920x1080, táctil.
- Funcionalidad SCADA y Office a través de RDP (Remote Desktop Protocol).
- Compatibilidad VNC (Virtual Network Protocol) para manejo remoto de PC's.
- Navegador web incluido.
- Versiones "Ex" de 15 y 19" disponibles para aplicaciones potencialmente peligrosas.

2.5.6.6. Pasalera IIoT.



Figura 24: Pasarela IOT2040.

Se complementa la gama con la pasarela SIMATIC IOT2040 (Figura 24), enmarcada en la actual "Internet de las Cosas Industrial". Permite recopilar, procesar y transmitir datos directamente de campo a los niveles más altos de la pirámide de automatización.

Algunas características:

- Procesador Intel Quark x1020.
- Memoria RAM 1 Gb.
- Bus de campo PROFINET.
- Puertos USB, 2 interfaces Ethernet 10/100.
- Ranuras mPCIe y Arduino.

2.5.6.7. Controladores basados en PC.



Figura 25: CPU 1515SP PC.

Y para terminar, el ET200SP Open Controller (Figura 25). Este novedoso controlador compacto basado en PC integra un controlador software S7-1500, capaz de ejecutar también aplicaciones de PC, en el formato de un equipo ET200SP y compatible con sus módulos de ampliación. Variantes de seguridad (F) disponibles. Características en la Tabla 29.

	CPU 1515SP PC (F)
Procesador	AMD APU T40E Dual-Core 1 GHz
Memoria RAM	4 Gb DDR3
Almacenamiento	CFast 8/16 Gb
Sistema Operativo	Windows Embedded Standard 7 32/64 bits
Salida video	DVI-I. Compatible con WinCC con licencia HMI.
Memoria de trabajo (programa)	1 Mbyte (1.5 para versión F)
Memoria de trabajo (datos)	5 Mbytes
Memoria de carga	320 Mbytes
Tiempo ej. op bit/palabra	10 / 12 ns
Aritm coma fija/flotante	16 / 64 ns
Funciones tecnológicas	Motion, hasta 6 ejes
PROFINET IO	1 x PROFINET IO IRT
PROFIBUS DP	Opcional
Ethernet	1, Gigabyte

Tabla 29: Características de ET200SP Open Controller.

2.5.7. Instrumentación de procesos.



Figura 26: Equipos de la serie de instrumentación.

La gama de automatización concluye simplemente citando los siguientes equipos de instrumentación disponibles (Figura 26), integrables en el sistema de automatización, ya sea para configuración centralizada o distribuida:

- Medida de presión (SITRANS P): instrumentos de medida de presión absoluta y diferencial, transmisores de señal.
- Medida de temperatura (SITRANS T): sensores, termopares, transmisores de señal.
- Medida de flujo (SITRANS F): sensores electromagnéticos, coriolis, ultrasónicos...
- Medida de nivel (SITRANS L): discretos (Pointek) y continuos (ultrasónicos, radar, capacitivos), transmisores de señal.
- Posicionadores.
- Protección de proceso: sensores acústicos, sensores de movimiento.
- Controladores de proceso (SIPART DR): para diferentes aplicaciones; control de consigna, lazo cerrado, etc.
- Registradores de proceso, con display (SIREC D).
- Tecnología de pesaje: módulos de pesaje electrónicos, células de carga, pesaje en cinta, básculas dosificadoras, caudalímetros para sólidos granulado.

3. ARQUITECTURA A IMPLEMENTAR

En este capítulo se describe la plataforma que se va a implementar.

Como se comentó en la introducción, se ha tenido acceso a varios equipos industriales retirados de campo.

Inicialmente se ha debido realizar una selección de éstos en relación a sus características y comprobando la compatibilidad entre ellos según sus interfaces de comunicaciones.

Los equipos elegidos, los cuales serán descritos en el capítulo 4, han sido los siguientes:

- Un módulo lógico programable Siemens Logo! 230RCE, autómata de la gama de acceso, que dispone de conectividad Ethernet.
- Un PC industrial completo con pantalla táctil modelo Siemens Simatic Panel PC 677, con bus Profibus y doble Ethernet.
- Un módulo de E/S descentralizadas Siemens ET200L, accesible mediante Profibus.

La intención de este Proyecto Fin de Carrera es reutilizar estos equipos montando una sencilla plataforma hardware que se pueda utilizar para la docencia en automatización de procesos.

Se conectarán los equipos mediante los diferentes protocolos de comunicaciones industriales disponibles, de forma que sean capaces de interactuar entre ellos y con una sencilla maqueta de las que cuenta el Laboratorio del departamento como material didáctico.

A continuación se detallan las comunicaciones que se quieren llevar a cabo.

En primer lugar, dado que el módulo Logo! dispone de interfaz Ethernet, se ha de poner en funcionamiento conectándolo al puerto Ethernet de un PC (Figura 27). Pero en lugar de utilizar un PC adicional, se va a usar directamente el Panel PC. El software incluido con el Logo! permite programarlo, simularlo y visualizar su estado.

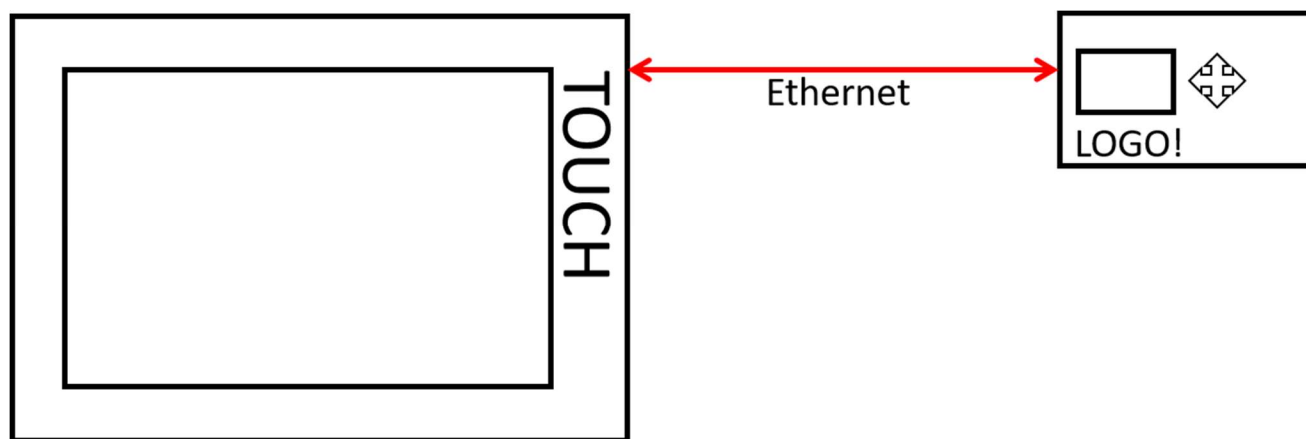


Figura 27: Comunicación Panel PC ↔ Logo!.

En segundo lugar, se quiere conectar el módulo de E/S descentralizadas al Panel PC mediante la interfaz Profibus DP (Figura 28). Para ello, se va a aprovechar la versatilidad del Panel PC para ejecutar un PLC software que tenga acceso al módulo de periferia.

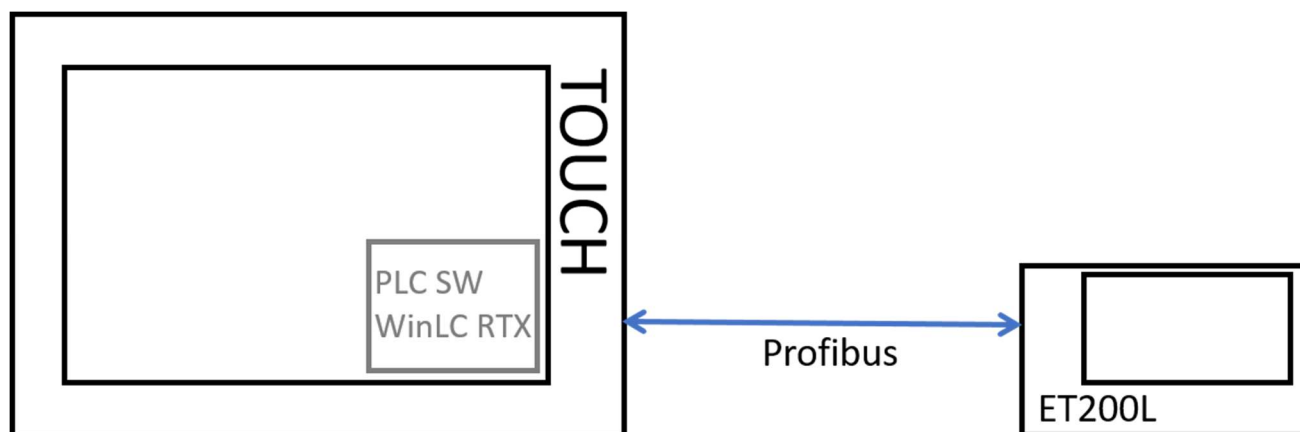


Figura 28: Ejecución PLC software y enlace PanelPC ↔ ET200L.

Una vez se tienen estos equipos en marcha, podrían interactuar entre ellos si se cablean las E/S del módulo Logo! con las E/S de la periferia descentralizada ET200L, Figura 29.

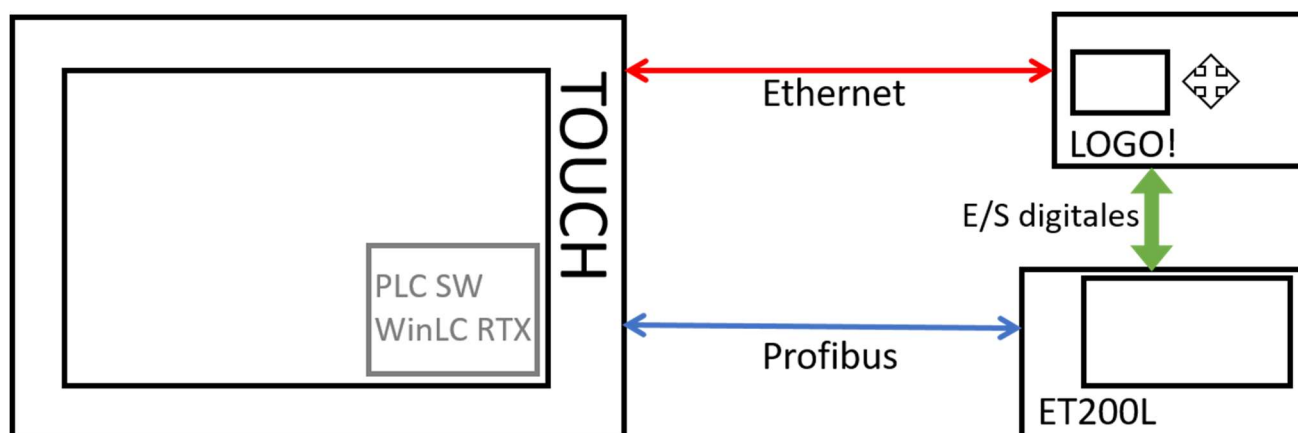


Figura 29: Conexión E/S entre Logo! y ET200L.

A continuación, se va a utilizar la funcionalidad de HMI del Panel PC para realizar un SCADA en el que visualizar el estado de los equipos Logo! y PLC software+ET200L, Figura 30.

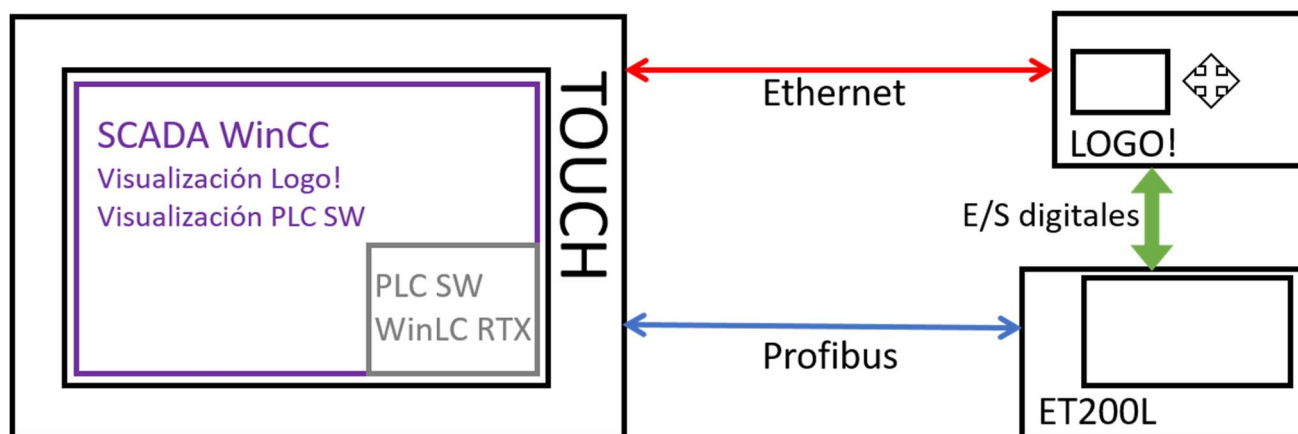


Figura 30: SCADA para visualización Logo! y PLC software.

Tras poner en marcha las comunicaciones de los equipos, se continua con la parte de Laboratorio y la programación de estos.

La idea inicial es cablear el módulo Logo! con la maqueta de pruebas del Laboratorio, controlarla por medio de un sencillo programa del Logo! (Figura 31) y supervisarla con un SCADA en el Panel PC:

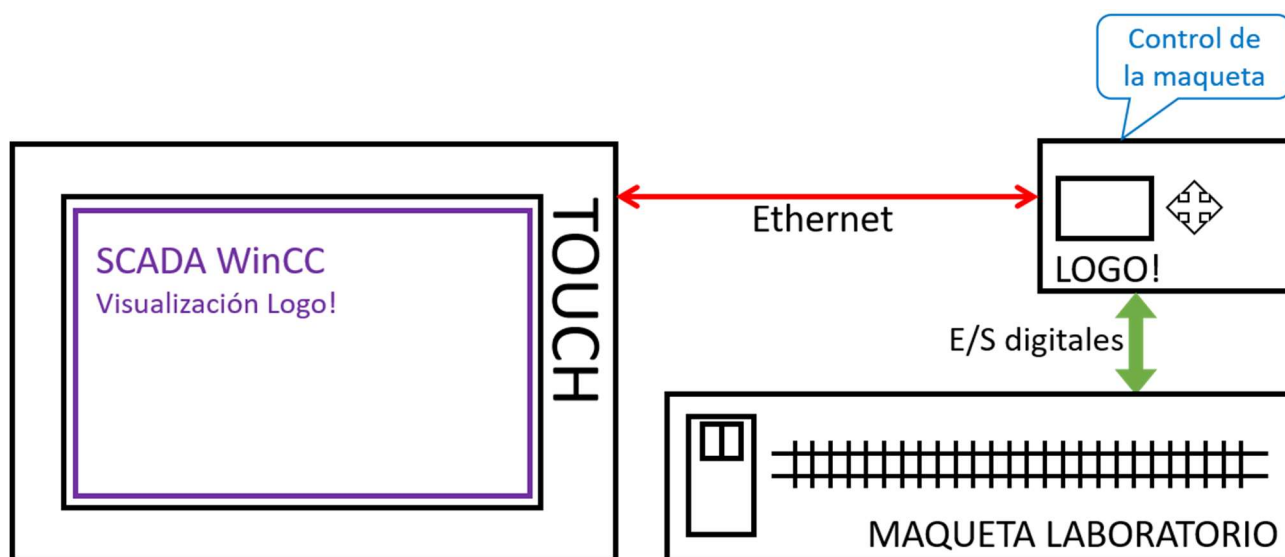


Figura 31: Conexión de Logo! a maqueta.

Y como funcionalidad adicional, se quiere escribir otro sencillo programa que simule la maqueta en el autómata software, el cual también se puede supervisar en el SCADA (Figura 32).

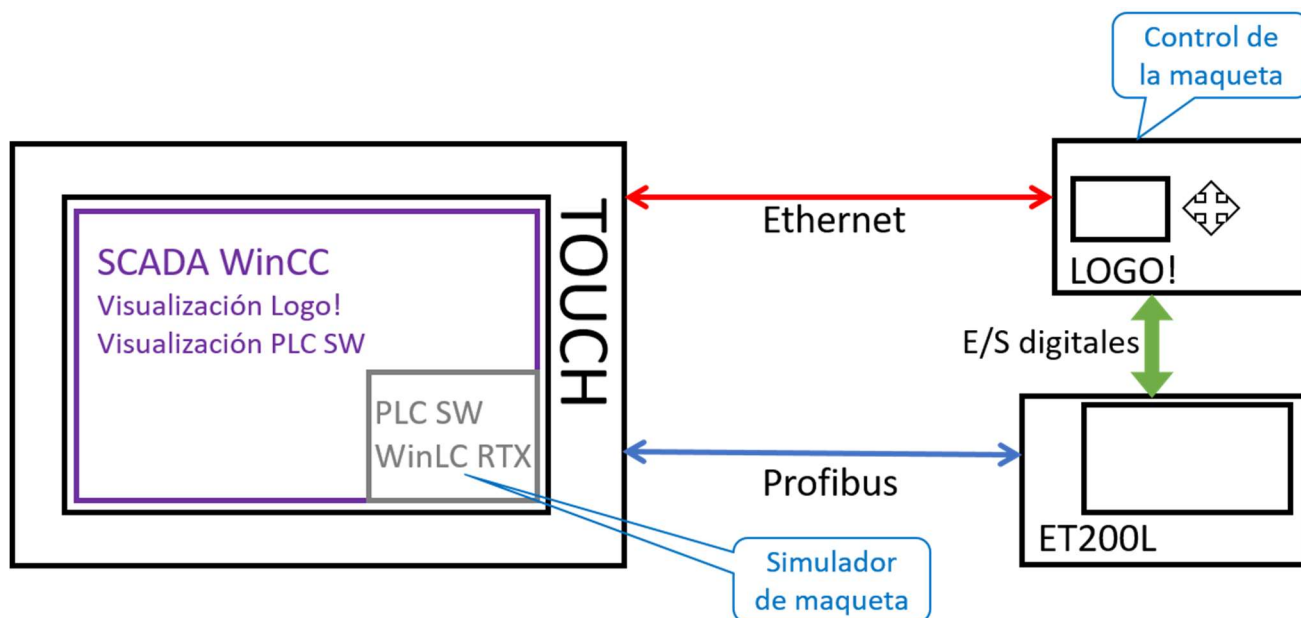


Figura 32: Conexión de Logo! a simulador de maqueta.

4. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE



Figura 33: Hardware a utilizar: Panel PC 677, Logo! 230RCE, ET200L, cable Profibus.

En este capítulo se introducen los equipos que han sido seleccionados (ver Figura 33), junto con las herramientas software que se han utilizado. Además, se describe la maqueta de pruebas del Laboratorio que se menciona en el apartado anterior y la cual se controlará más adelante.

4.1. Logo! 230RCE.



Figura 34: LOGO! 230RCE.

El primer equipo es un módulo lógico Logo! 230RCE (Figura 34), perteneciente a la serie 7 (0BA7). Dispone de 8 entradas y 4 salidas digitales e incluye una interfaz Ethernet para comunicar con otros módulos Logo! o más avanzados como PLC's SIMATIC o PC's industriales SIMATIC PanelPC. Se programa a través de su interfaz Ethernet, mediante el siguiente software:

- **LOGO!Soft Comfort v7**, que permite crear el programa en el PC, ya sea en esquema de funciones (FUP) o esquema de contactos (KOP), además de disponer de funciones de test, simulación, test online y archivo de los programas, utilizando la interfaz Ethernet.

Este es un resumen de sus características técnicas, Tabla 30:

LOGO! 230RCE	Ref. Siemens: 6ED1052-1FB00-0BA7
Tensión de alimentación	115-230 V (AC/DC)
Nº de entradas	8, digitales
Rango de tensión admisible	85V AC a 265 V AC, 100 V DC a 253 V DC
Nº de salidas	4, de tipo relé
Corriente de salida (mantenida)	10 A con carga resistiva, 3 A con carga inductiva
Protección contra cortocircuito	No, necesario fusible externo
Frecuencia de conmutación	2 Hz con carga resistiva, 0,5 Hz con carga inductiva
Tiempo de ciclo	<0.1ms/función
Pantalla	Sí
Temporizadores integrados/duración	Sí/20 días
Cables de conexión	2 x 1.5mm ² ó 1 x 2.5mm ²
Grado de protección	IP20
Montaje	Sobre carril DIN de 35mm (ancho: 6 uds) o montaje en pared
Dimensiones	107x90x60 mm
Cable para programación	Ethernet
Comunicación Logo!↔Logo! (Ethernet)	Sí, hasta 8 Logo! + 1 PC/PG (PC programador)
Comunicación Logo!↔Red (Ethernet)	Sí, hasta 8 TN (Logo!, CPU Simatic, 1 x Simatic HMI, PC)
Memoria de programa máxima	400 bloques
Módulo de memoria externa	Tarjeta de memoria Simatic o tarjeta SD estándar hasta 8 Gb
Registro de datos	Memoria interna (200 registros) / tarjeta micro SD (2000 registros)
Gráfico de estado “en línea”	Sí, graba en PC
Funciones “macro”	Sí
Servidor web	No

Tabla 30: Resumen de características del LOGO! 230RCE.

La serie 7 de Logo! se seguirá comercializando hasta 2018 pero ha sido sustituida por la revisión actual, la serie 8 (ver apartado 2.5.1.1), a la que se le ha integrado un servidor web y diversas funciones específicas para acceso y control remoto. El resto de funciones y características son similares.

4.2. Panel PC 677 15" Touch.



Figura 35: Siemens Panel PC 677 Touch 15".

El Siemens Simatic Panel PC 677 (Figura 35) es un PC industrial completo con pantalla táctil, interfaces Profibus, doble Ethernet y sistema operativo Windows XP. Fue lanzado al mercado por Siemens en Julio del año 2006 incorporando hardware de gama alta de aquella época que sigue siendo perfectamente utilizable a día de hoy.

Dado que las versiones actuales de todo el software de automatización SIMATIC (TIA Portal) tienen unos requisitos bastante altos (8Gb de RAM, procesador Core i5, SSD con 300 Gb libres, etc.), se usan versiones de la época, corriendo bajo sistema operativo Windows XP, en concreto:

- **SIMATIC WinCC flexible 2008**, software de HMI con el que se diseñará el SCADA de visualización del Logo! (conectado via Ethernet al PanelPC) y del PLC software simulado con WinLC RTX.
- **SIMATIC WinLC RTX 4.4**, controlador software perteneciente a la familia WinAC RTX (ver apartado 2.5.1.5) con el que simular un PLC S7-300 y acceder a las E/S descentralizadas que se introducen en el apartado 4.3 por medio del interfaz Profibus integrado en el PanelPC
- **SIMATIC STEP7 v5.4**, software de programación de PLC's con el que se programa este PLC software.

En la Tabla 31 se listan las características técnicas principales del SIMATIC PanelPC:

PANEL PC 677 15" Touch	Ref. Siemens: 6AV7802-0BB12-1AA0
Características generales	
Procesador	Pentium M 730 (a 1.6 GHz, FSB de 533 MHz y caché L2 de 2 Mb)
Tipo de memoria	DDR2-533
Memoria principal instalada	2 Gb (2 módulos de 1 Gb)
Pantalla	TFT táctil resistiva, de 15", resolución 1024x768
Ranuras de expansión libres	2 ranuras PCI con inmovilizador de tarjetas 1 ranura para tarjeta Compact Flash
Sistema Operativo	Windows XP Profesional
Información adicional sobre el S.O.	Multilenguaje: alemán, inglés, italiano, francés, español, coreano, chino (tradicional), chino (simplificado), japonés.
Unidades	
Unidades ópticas	DVD-ROM Toshiba
Disco duro	2 discos duros SATA 2.5" Fujitsu de 60 Gb en configuración RAID 1. Montaje resistente a vibraciones
Interfaces	
Interfaz para gráficos	DVI-I que puede usarse para pantalla adicional. Profundidad de color de 32bits, memoria compartida 8 a 128Mb
Conexión para teclado/ratón	USB/USB
Interfaz paralelo	Opcional, via tarjeta PCI
Interfaz serie	COM1: 1 x V.24 (RS232)
PROFIBUS/MPI	Integrado, aislado, máximo 12 Mbits/s, no necesita tarjeta adicional, compatible con CP5611.
USB	1 x frontal, 4 x traseros, USB 2.0 (500 mA)
Ethernet	Integrado, 2 x 10/100 Mbps, RJ-45, no necesita tarjeta adicional
Multimedia	No
Tensión de alimentación	110 V / 230 V AC (rango automático) 50/60 Hz. (Opcional a 24 V DC)
Funciones de monitorización	Temperatura Watchdog LED's de estado en panel frontal: Alimentación y Temperatura
Grado de protección	IP65 (panel frontal) de acuerdo con EN60529 y NEMA4 IP20 (parte trasera)

Tabla 31: Resumen de características del Panel PC 677 15" Touch.

La gama de hoy en día de Panel PC's de Siemens incluye hardware actualizado: procesadores hasta Intel Xeon E3-1268L v3 con 8 hilos de ejecución, memoria RAM hasta 16 Gb DDR3, almacenamiento basado en discos de estado sólido (SSD's), USB's 3.0, paneles multitáctiles capacitivos terminados en cristal de alta resistencia, más ranuras de expansión PCI y PCIe, etc, etc. Sin embargo, por razones obvias, mantienen los puertos industriales Ethernet y Profibus, eso sí, actualizados a la última versión.

4.3. Periferia descentralizada ET 200L.



Figura 36: Unidad periférica descentralizada ET 200L.

El módulo de periferia descentralizada ET 200L (Figura 36) integra 16 entradas y 16 salidas digitales y utiliza un bus de campo PROFIBUS-DP. Dicha unidad consta de un módulo electrónico que se inserta en una base (TB32L), la cual dispone del regletero en el que se cablean físicamente las entradas y salidas.

Se utiliza para dotar de periferia al PanelPC, aprovechando la conectividad PROFIBUS-DP de ambos. Algunas de sus características técnicas se enumeran en la Tabla 32.

TB32L , base para ET200L, conexionado por tornillos	Ref. Siemens: 6ES7193-1CL00-0XA0	
ET 200L , módulo de 16 entradas y 16 salidas digitales, 24V _{DC} 0.5A	Ref. Siemens: 6ES7133-1BL01-0XB0	
Tensión de alimentación	24 V _{DC} (20.4-28.8 V _{DC}). Buffer de 20 ms frente a pérdida de red.	
Protección frente a inversión de polaridad	Sí	
16 entradas digitales	24 V _{DC}	Señal "0": -30 a 5 V DC Señal "1": 13 a 30 V DC
Longitud del cable (máx)	1000 m (apantallado). 600 m (sin apantallar)	
16 salidas digitales	Ataque a entrada digital. Protección contra cortocircuito.	
Interfaz	PROFIBUS DP. 1.5 Mbit/s. Funciones de diagnóstico.	
-LED's de diagnóstico	Fallo en Bus (BF, rojo) Monitorización de alimentación 24V _{DC} (verde) Indicador de entrada digital (verde) Indicador de salida digital (verde)	
Aislamiento: 500 V _{DC}	Entre PROFIBUS DP y el resto de circuitos y entradas o salidas	
Grado de protección	IP20, de acuerdo a EN60529	

Tabla 32: Resumen de características del módulo ET200L 16I/16O.

La gama ET200L fue sustituida, en parte, por la ET200SP que se menciona en el apartado 2.5.1.6, y se utilizaba en instalaciones de gama baja con pocas E/S. Dejó de fabricarse en 2016.

4.4. Varios.

4.4.1. Fuente de alimentación SITOP Power 3.5.

Además, se utiliza una fuente de alimentación industrial, de entrada 220/120V AC y salida 24V DC, 3.5A para alimentar el módulo de periferia descentralizada ET200L. Algunos datos técnicos en la Tabla 33:

Siemens SITOP power 3.5	Ref. Siemens 6EP1 332-1SH31
Entrada	Corriente alterna (47-63 Hz)
Tensión de alimentación	230 V (187-264 V) ó 120 V (93-132 V) – seleccionable por puente.
Resistencia a sobretensiones	2.3 x Vin nominal, 1.3 ms
Buffer frente a pérdidas de alimentación	Mín. 20 ms (con Ue = 187V)
Fusible de entrada incorporado	2.5A / 250V, no accesible.
Protección de alimentación en la entrada recomendada	Interruptor magnetotérmico bipolar curva C mín 10A o curva D mín 6A
Salida	Corriente continua (DC), estabilizada y aislada galvánicamente
Tensión nominal Vout (nom)	24V _{DC} ±5%
Subida de tensión (0-Vout)	Típ 80ms
Corriente nominal Iout (nom)	3.5A
Corriente de sobrecarga breve	Típ 5A con cortocircuito al arranque o en servicio
Rizado residual entre picos	Máx 150mV, típ 30mV
Ruido entre picos (ancho de banda: 20MHz)	Máx 240mV, típ 110mV
Comportamiento en conexión/desconexión	Sin sobrepasar Vout (arranque suave)
Rendimiento	84% (con Vout e Iout nominales)
Limitación de corriente	Típ 3.8A
Salida resistente a cortocircuitos	Sí
Conexionado	Mediante tornillos. Entrada: sección de cable 0.5-1.5mm ² Salida: sección de cable 0.5-1mm ²
Montaje	Sobre carril DIN de 35mm o montaje en pared. Debe respetarse 100mm arriba y abajo para ventilación

Tabla 33: Características de fuente de alimentación SITOP Power 3.5.

4.4.2. Distribución 220Vac: interruptores magnetotérmico y diferencial.

Se utiliza un magnetotérmico curva C de 16A y un interruptor diferencial de 30mA de Schneider Electric como protección a los equipos PanelPC, Logo! y fuente de alimentación SITOP 3.5



Figura 37: Interruptores automático y diferencial.

4.4.3. Relés, cableado y conectores. Bastidor y regletero.

Para terminar el montaje y conexionado del prototipo se han utilizado otros pequeños materiales:

- 6 relés de 24V_{DC} para carril DIN OMRON G2RV-SL700 24VDC (Figura 38).
- 1 cable Ethernet cat 6.
- 1 cable PROFIBUS.
- Cable de 1.5mm², diversos colores.
- Manguera de 30 hilos de 0.6mm².
- 4 carcasas y 4 conectores DB25, 2 machos y 2 hembras.
- Bastidor montado con perfiles de chapa, tornillería y 4 ruedas.
- 2 carriles DIN.
- Varias bornes y terminales para carril DIN.



Figura 38: Relé 24V_{DC} OMRON.

En el capítulo 6 se detalla el montaje realizado.

4.5. Maqueta de pruebas del Laboratorio.

Este capítulo finaliza con la descripción de la maqueta de pruebas del Laboratorio del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática que se va a utilizar.

Se denomina “Maqueta de trenes de vía simple” y consiste en una vía montada sobre una base de madera (Figura 39), a lo largo de la cual se han instalado, equidistantemente, un conjunto de 6 bobinas que hacen la función de sensor de posición, entendiendo éstas como “paradas” del tren que circula por la vía (Figura 40).

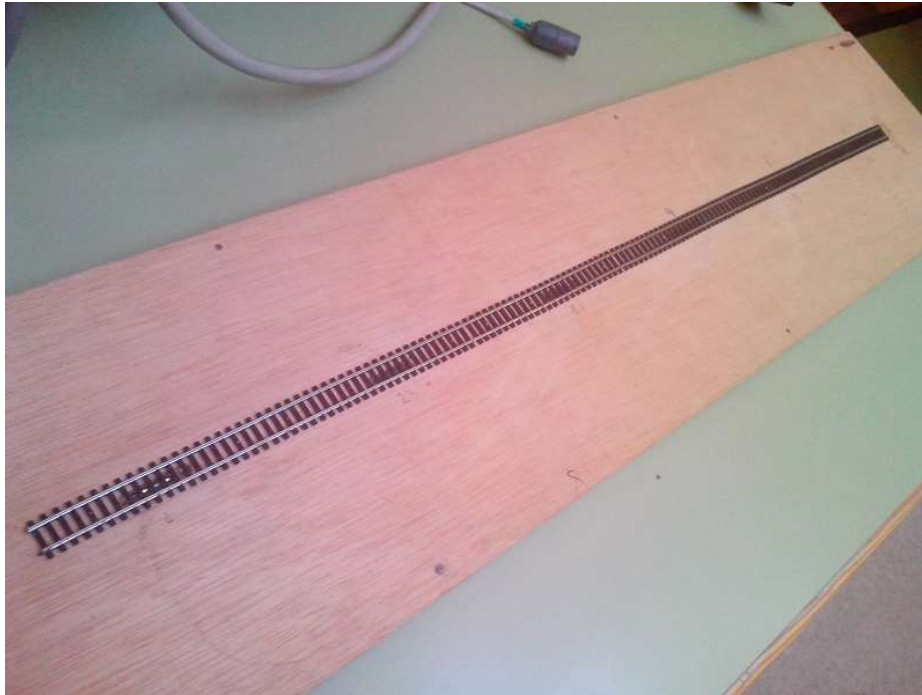


Figura 39: Maqueta: Vía montada sobre base de madera.



Figura 40: Maqueta: Detalle de bobina captadora de posición.

A su vez, los raíles de la vía, metálicos, están alimentados eléctricamente con una tensión de 24 V_{DC} , a través de dos relés. Cada relé alimenta los raíles con una polaridad o la contraria en función del sentido de marcha que pretenda darse al tren que circula por la vía.

Con otras palabras, el tren lleva un pequeño motor de corriente continua (Figura 41: Maqueta: Tren con motor c.c.) que coge la alimentación de los raíles. En función de la polaridad de la tensión aplicada entre ellos, el tren se desplaza en un sentido o el contrario. Y esto depende del relé que esté excitado en cada caso.



Figura 41: Maqueta: Tren con motor c.c.

Estos relés, junto con una serie de pulsadores y diodos LED a modo de entrenador, están montados en una pequeña caja (Figura 42) situada al comienzo de la base de madera.



Figura 42: Maqueta: Caja con relés, pulsadores y LED's, vista superior.

En los laterales de esta caja (Figura 43) se encuentran 2 conectores de 25 pines (hembra y macho) cableados hacia las señales de los sensores inductivos y los interruptores / LED's / bobinas de los relés, además de dos bananas para conectar la alimentación de 24 V_{DC} externa si fuera necesario.



Figura 43: Maqueta: Caja con relés, pulsadores y LED's, vista lateral.

Esta maqueta originalmente se diseñó para conectarse a las entradas / salidas de los autómatas Telemecanique TSX57 del Laboratorio, según el siguiente esquema (Figura 44).

MAQUETA DE TRENES DE VÍA SIMPLE

(Correspondencia de entradas/salidas con el autómata TSX Premium)

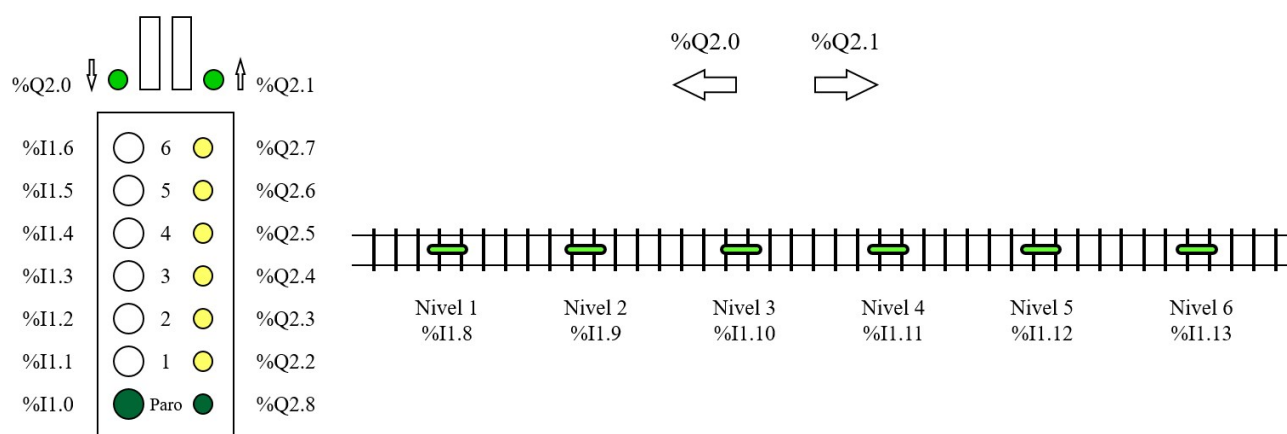


Figura 44: Maqueta: Esquema con correspondencia de E/S.

En resumen:

- Las entradas %I1.0 a %I1.6 corresponden a sendos pulsadores.
- Las salidas %Q2.2 a %Q2.8 están conectadas a 7 diodos LED.
- %Q2.0 excita el relé que alimenta el tren para que se desplace hacia la izquierda (e ilumina un LED).
- %Q2.1 excita el relé que alimenta el tren para que se desplace hacia la derecha (e ilumina otro LED).
- Las entradas %I1.8 a %I1.13 corresponden a los 6 sensores de posición inductivos.

Como se comenta en el capítulo anterior, la intención es controlar esta maqueta mediante el módulo lógico Logo!, aunque es cierto que éste no dispone de tantas entradas y salidas. Al menos, se necesitan cablear los 6 sensores y los 2 relés para obtener una cierta funcionalidad. En el apartado 6.2 se detalla este conexionado.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LAS COMUNICACIONES Y VISUALIZACIÓN

En este apartado se describen los pasos necesarios para configurar los diferentes programas para poder realizar las tareas propuestas en el capítulo anterior.

5.1. Comunicación Panel PC ↔ Logo!

Se arranca el software Logo!Soft Comfort v7, que viene con el dispositivo y que se ha instalado en el Panel PC.

Se hace click en el icono de “Nuevo proyecto” (Figura 45). Como se comentó el apartado 4.1, el módulo puede programarse mediante diagrama de funciones (FUP) o esquema de contactos (KOP). El modo de programación por defecto es el primero de ellos, aunque es posible cambiar esta preferencia en el menú “Herramientas”, “Opciones”, “Editor estándar”. Hay una tercera opción, diagrama UDF, que da la posibilidad de agrupar un juego de bloques para crear funciones definidas por el usuario.



Figura 45: LOGO!Soft Comfort: Nuevo proyecto.

Automáticamente se abre la página de propiedades, sin mayor interés. Tras “aceptar”, se abre la pantalla principal. En ella, antes de nada, se debe seleccionar el equipo correspondiente en el menú “Herramientas”, “Selección de dispositivos” (Figura 46):

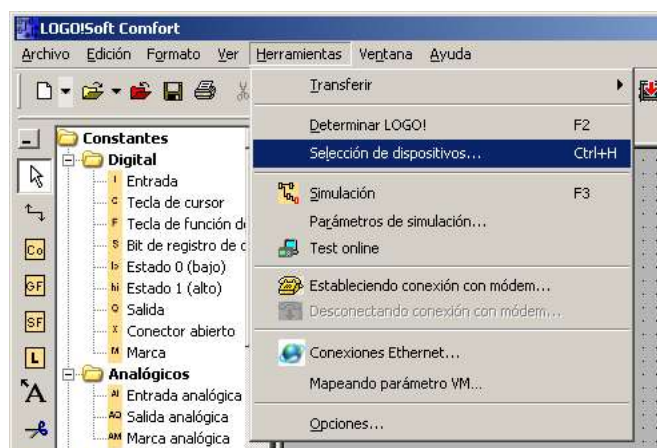


Figura 46: LOGO!Soft Comfort: Selección de dispositivos.

Allí (Figura 47), se selecciona el modelo, OBA7. Se debe tener en cuenta que un módulo Logo! versión 8 requeriría la última actualización del software. A la derecha aparece un resumen de los recursos disponibles en este modelo.

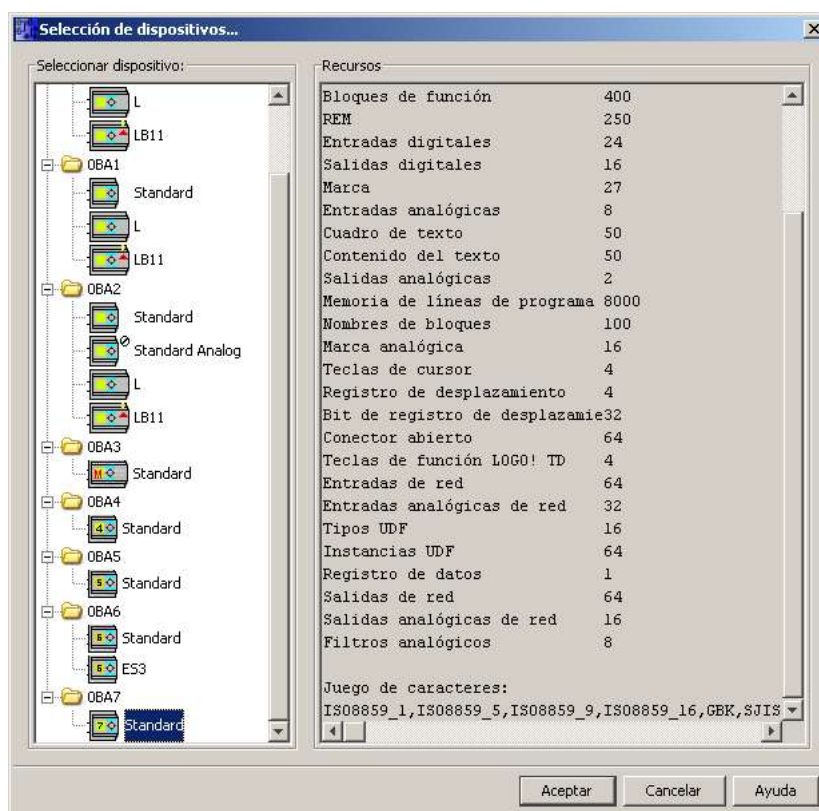


Figura 47: LOGO!Soft Comfort: Selección del modelo de Logo!.

El siguiente paso es asignar una dirección IP al módulo. Para ello, hay que ir al menú “Herramientas”, “Conexiones Ethernet” (Figura 48).

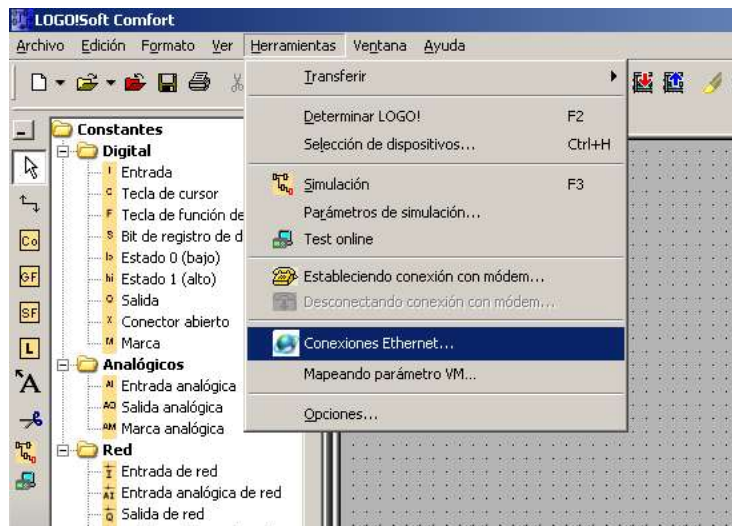


Figura 48: LOGO!Soft Comfort: Menú "Conexiones Ethernet".

Y se introducen los parámetros (Figura 49). En este caso, al tratarse de una configuración local y privada, se asigna una IP tipo 192.168.1.x, por ejemplo 192.168.1.15.



Figura 49: LOGO!Soft Comfort: Introducción de parametros de red.

Para que la comunicación entre el Panel PC y el módulo Logo! se establezca correctamente, ambos equipos deben encontrarse en la misma subred. Por ello, se configura también la IP del adaptador de red del Panel PC como, por ejemplo, 192.168.1.51 (Figura 51). En el Sistema Operativo, hay que ir a “Configuración”, “Panel de Control”, “Conexiones de red”, elegir el adaptador y hacer doble click en “Internet Protocol (TCP/IP)”, Figura 50.

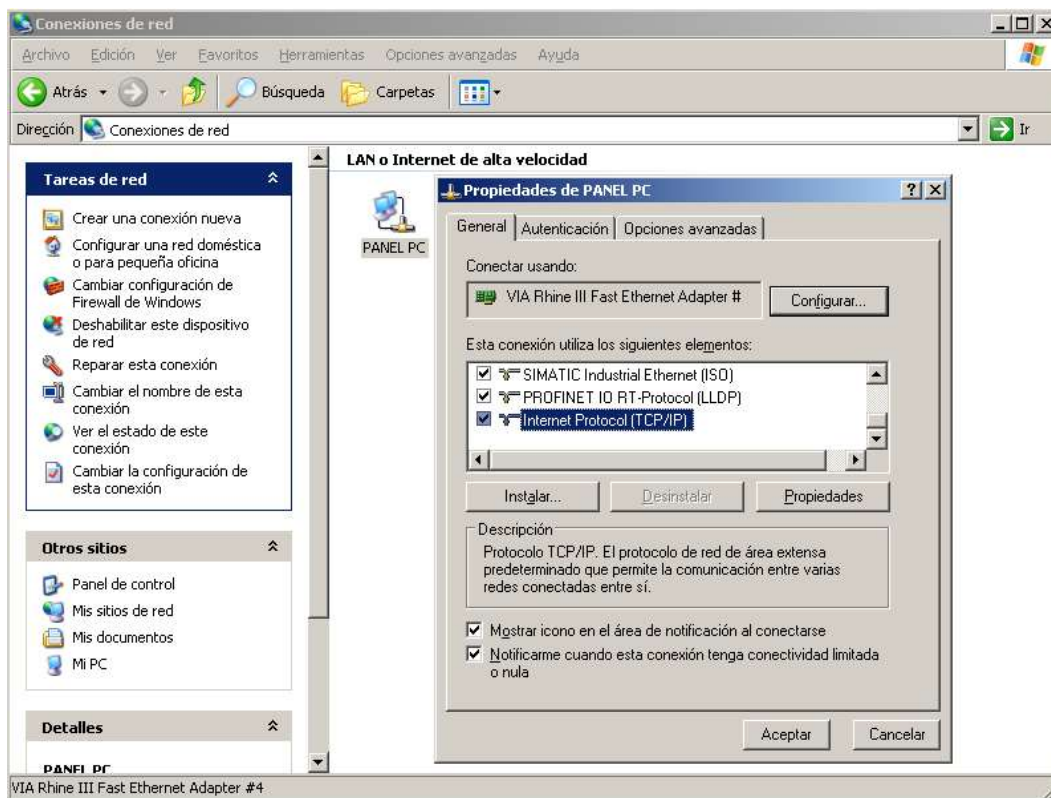


Figura 50: Panel de Control: Configuración IP de Panel PC.

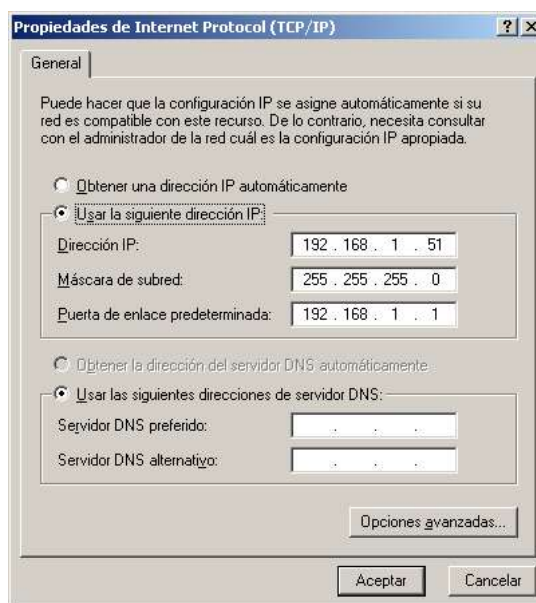


Figura 51: Panel de Control: Introducción parámetros de red de Panel PC.

Volviendo al programa LOGO!Soft Comfort, se crea un pequeño programa para comprobar el funcionamiento, por ejemplo, que al recibir una entrada digital (I1), active una salida digital (Q1), en diagrama de funciones (Figura 52).

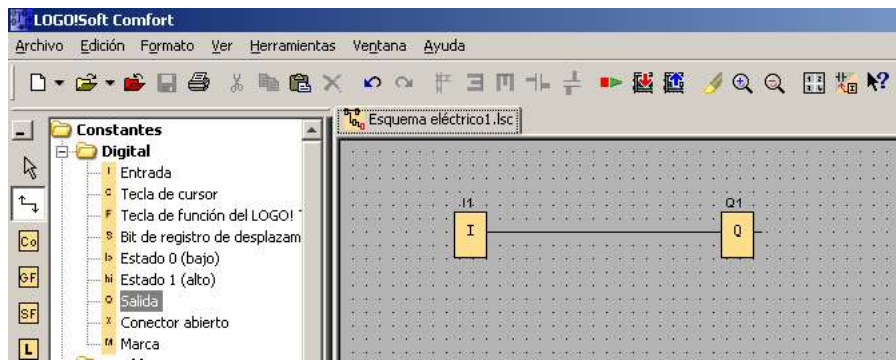


Figura 52: LOGO!Soft Comfort: Programa ejemplo.

Se transfiere al módulo Logo pulsando en el icono “PC->LOGO!” (Figura 53).

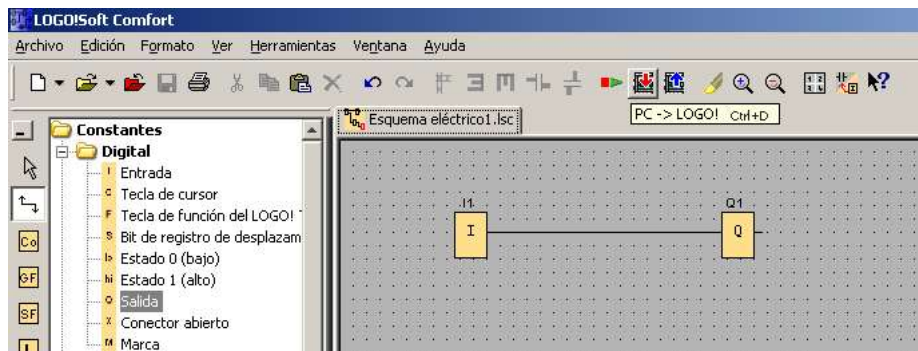


Figura 53: LOGO!Soft Comfort: Transferir programa a Logo!.

Hay que confirmar la IP del módulo Logo! (Figura 54). La primera vez o en el caso de que éste tuviera otra dirección configurada, habría que pulsar “Seleccionar” para actualizar esta IP (Figura 55).



Figura 54: LOGO!Soft Comfort: Confirmar IP Logo!.

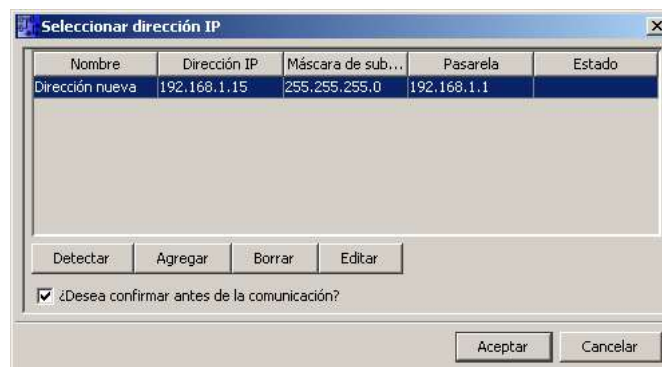


Figura 55: LOGO!Soft Comfort: Detectar y cambiar IP Logo!.

En la pantalla del Logo! se puede ver su IP asignada, pulsando la tecla “Esc”, dentro del menú “Red”, “Direcc. IP” (Figura 56).



Figura 56: LOGO! 230RCE: IP asignada en pantalla.

Al “Aceptar”, pregunta si queremos pasar de modo de operación RUN (ejecución) a modo de operación STOP (parada) para poder proceder a la transferencia del programa. Al terminar, solicita de nuevo pasar a modo de operación RUN. Ver Figura 57.

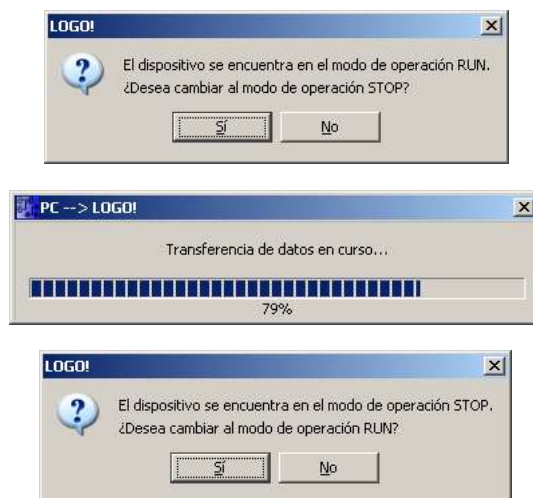


Figura 57: LOGO!Soft Comfort: Paso de RUN a STOP, transferencia de programa y paso de STOP a RUN.

El software LOGO!Soft Comfort ofrece varias opciones útiles para depuración. Una de ellas es “Test online”, en la que se puede observar en tiempo real todas las variables y marcas del programa.

A continuación se muestra el modo “Test online”, Figura 58.

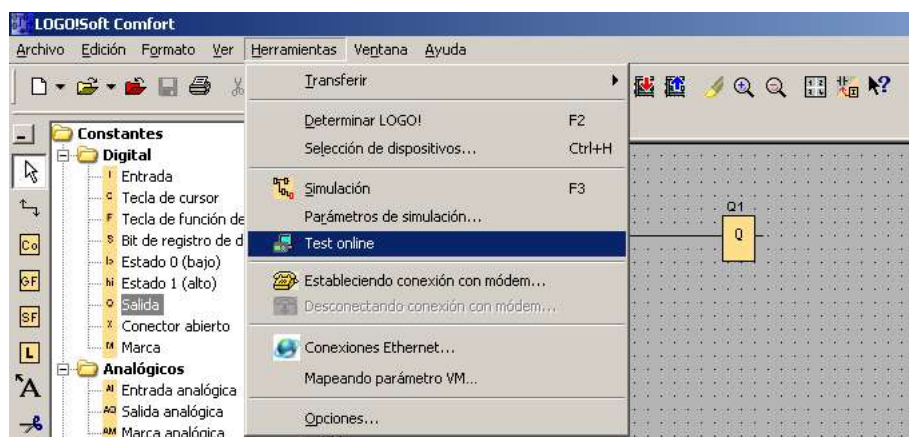


Figura 58: LOGO!Soft Comfort: Modo Test online.

Una vez aparece la barra de Test online (tras confirmar la IP del módulo Logo!), se puede iniciar (y detener) la observación de variables/marcas haciendo click en el icono con unas gafas (Figura 59). Desde aquí se puede pasar a modo RUN o STOP y aparecen todas las variables y marcas que se utilizan en el programa, en este caso la entrada I1 y la salida Q1.



Figura 59: LOGO!Soft Comfort: Barra Test online. Icono “Iniciar/detener observación”.

Con el programa en ejecución, si se alimenta la entrada I1, se activa la salida Q1 (Figura 60).

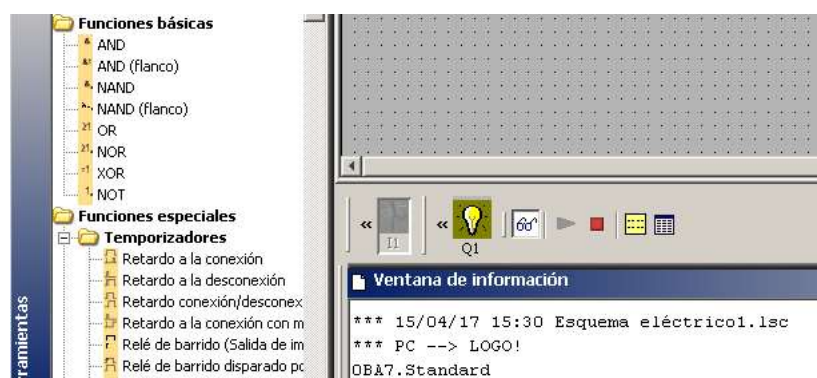


Figura 60: LOGO!Soft Comfort: Visualización variables Test online.

Destacar que también se puede ver el estado de las entradas, salidas, etc., directamente en la pantalla del Logo! presionando repetidamente las teclas ◀ o ▶ (Figura 38).



Figura 61: LOGO!Soft Comfort: Visualización variables en pantalla del Logo!. Entrada I1 a 1.

Además, existe una opción “Simulación” (Figura 62), offline, en la que se puede, como el nombre indica, simular el programa, forzar variables, etc.

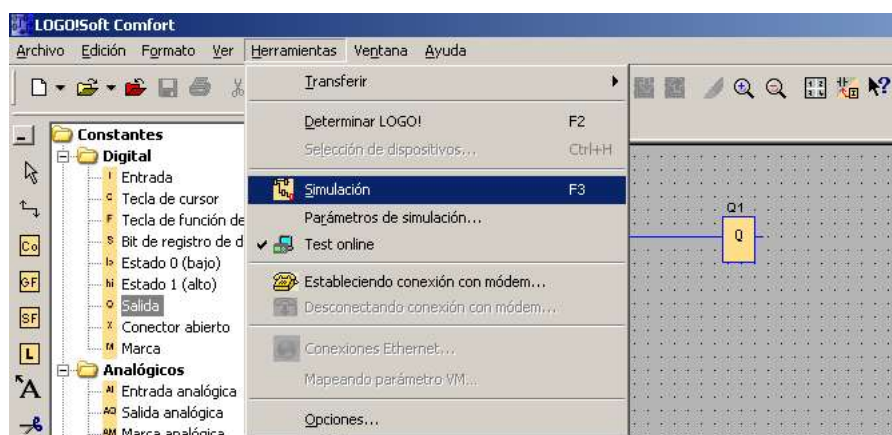


Figura 62: LOGO!Soft Comfort: Paso a modo Simulación.

Aquí se fuerza la entrada I1, activándose la salida Q1 en el simulador.



Figura 63: LOGO!Soft Comfort: Forzado de la entrada I1 en el simulador.

Con estos pasos se tiene el módulo Logo! en servicio.

5.2. Configuración PLC software en Panel PC, comunicación Panel PC ↔ ET200L.

En este apartado se configura el Panel PC para ejecutar el controlador software WinLC RTX 4.4.

Es una instalación independiente a la del software de programación de PLC's STEP7 y debe haber sido instalado con anterioridad, junto con los drivers en tiempo real para la tarjeta PROFIBUS.

Se ejecuta el programa “Administrador SIMATIC” (“SIMATIC Manager”), creando un nuevo proyecto, por ejemplo en la ruta predeterminada (Figura 64).

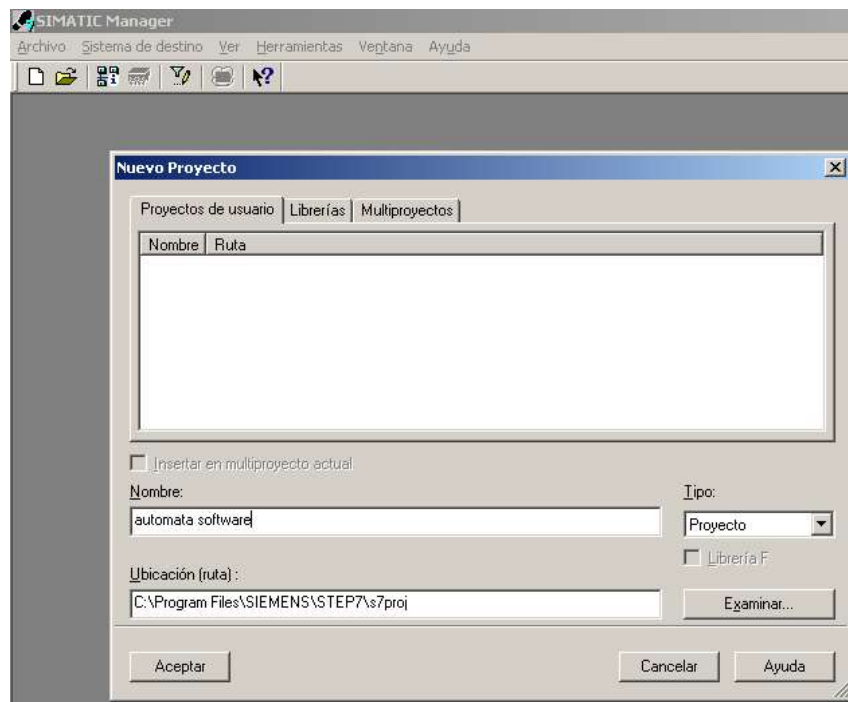


Figura 64: SIMATIC Manager: Nuevo proyecto.

Se abre una ventana con la subred por defecto (MPI), Figura 65.



Figura 65: SIMATIC Manager: Nuevo proyecto, interfaz por defecto.

A continuación se añade un equipo, “Equipo PC SIMATIC” y subredes “PROFIBUS” e “Industrial Ethernet”. La subred “MPI” se puede eliminar ya que no se utiliza. Figura 66.

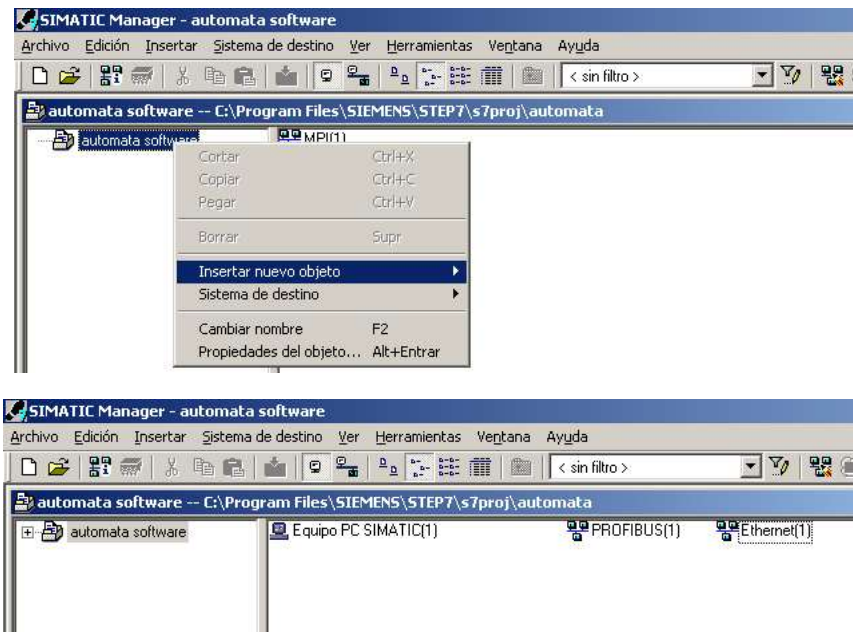


Figura 66: SIMATIC Manager: Insertar objetos: Equipo PC SIMATIC, subredes PROFIBUS y Ethernet.

Una vez aquí, es recomendable renombrar el “Equipo PC SIMATIC(1)” por el nombre de equipo real del PC. Para ello, hay que ir a “Inicio” → “Configuración” → “Panel de control” → “Sistema”, pestaña “Nombre de equipo” (Figura 67).

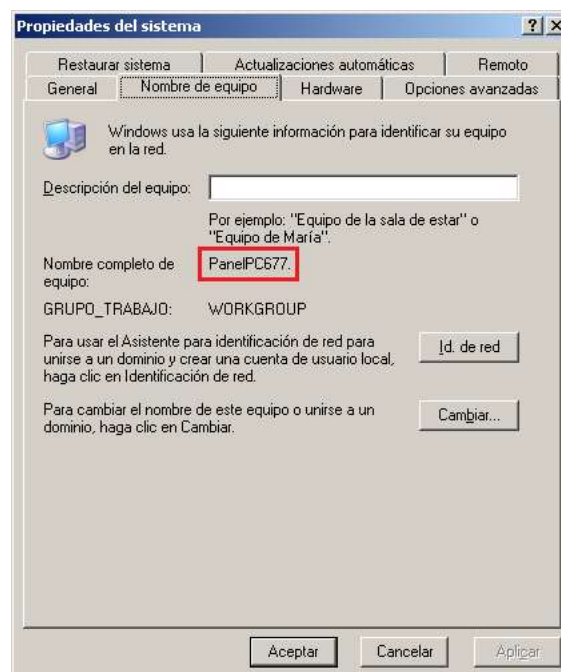


Figura 67: Panel de Control: Nombre de equipo de Windows.

En caso contrario, más adelante al cargar la configuración en el Controlador software, daría una discrepancia de nombres (Figura 68):

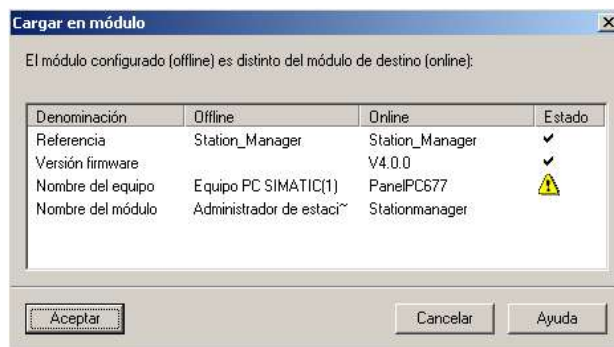


Figura 68: SIMATIC Manager: Discrepancia de nombres.

Se hace doble click sobre el objeto “Configuración” (Figura 69) para continuar con la configuración hardware.



Figura 69: SIMATIC Manager: Configuración PanelPC677.

Se abre HW Config (Figura 70), donde se configuran los diferentes componentes hardware. A la derecha aparece un catálogo con todos estos componentes.

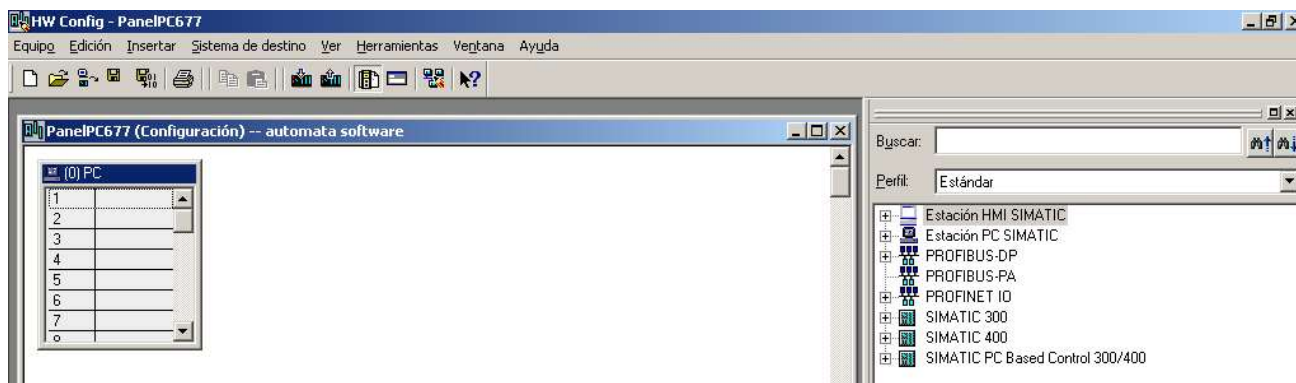


Figura 70: HW Config.

Aquí se añaden el módulo del controlador software y de las interfaces Profibus y Ethernet, asignándoles las direcciones correspondientes. Se disponen de 32 ranuras (slots).

Existen ciertas peculiaridades a la hora de añadir estos módulos, las cuales vienen descritas en el manual, que se resumen a continuación:

El módulo del controlador software únicamente se puede insertar a partir del slot 2 (si se intenta insertar en el slot 1 aparece un aviso indicando que se añada en otro slot).

El módulo Profibus se inserta como submódulo interfaz, dentro del módulo controlador software WinLC RTX. Además, hay que posicionarlo en la segunda ranura (IF2) para que funcione correctamente. Su dirección Profibus es la “2” y viene definida por hardware.

Sin embargo, el módulo Ethernet debe insertarse como módulo principal (al igual que el módulo del controlador software).

Siguiendo los pasos anteriores, se realiza la configuración. En el slot 1 se inserta el módulo Ethernet (“IE General”), última versión disponible, que se encuentra en el catálogo hardware, Estación PC SIMATIC → CP-Industrial Ethernet → IE General → SW V6.2 SP1 (Figura 71).

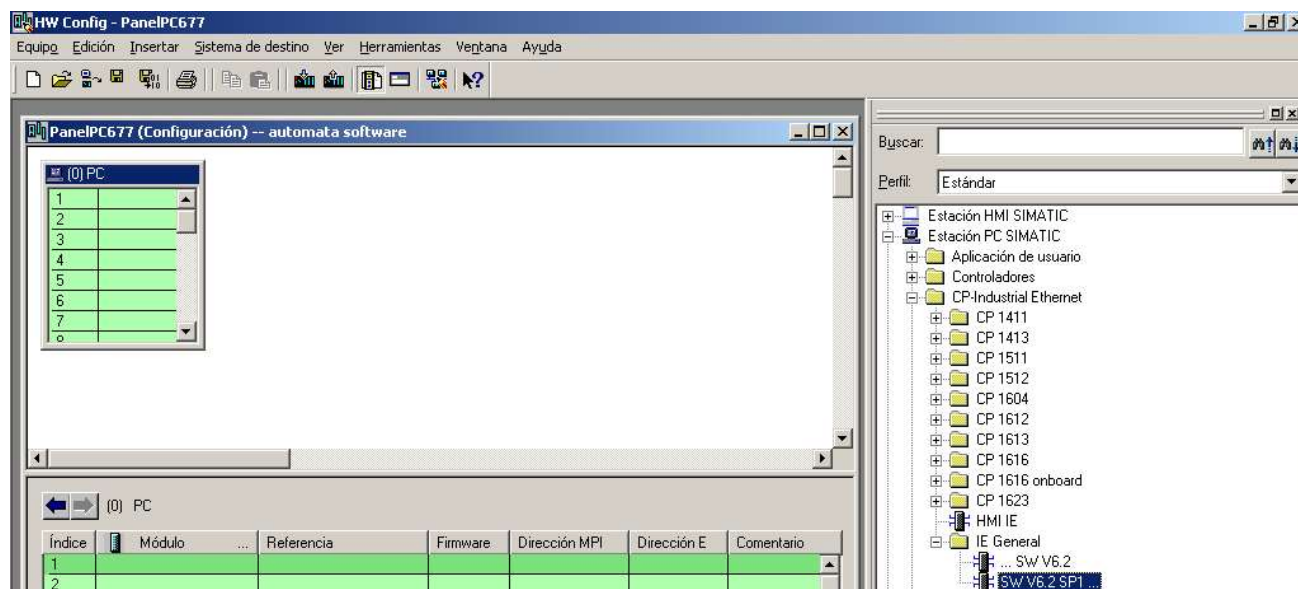


Figura 71: HW Config: Añadir módulo Industrial Ethernet en slot 1.

Se asigna la IP, 192.168.1.55, por ejemplo, y la subred “Ethernet(1)” que se ha creado antes (Figura 72).

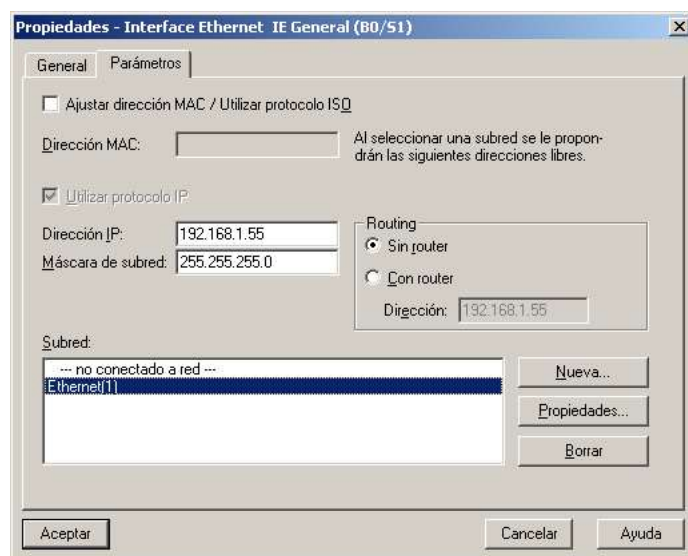


Figura 72: HW Config: Elegir IP y subred.

En el slot 2 se añade el módulo del controlador software, que se encuentra en el catálogo en Estación PC SIMATIC → Controladores → WinLC RTX → 6ES7 611-4SB00-0YB7 → V4.4 (última versión disponible). Aparecen 4 ranuras para submódulos de interfaz, Figura 73.

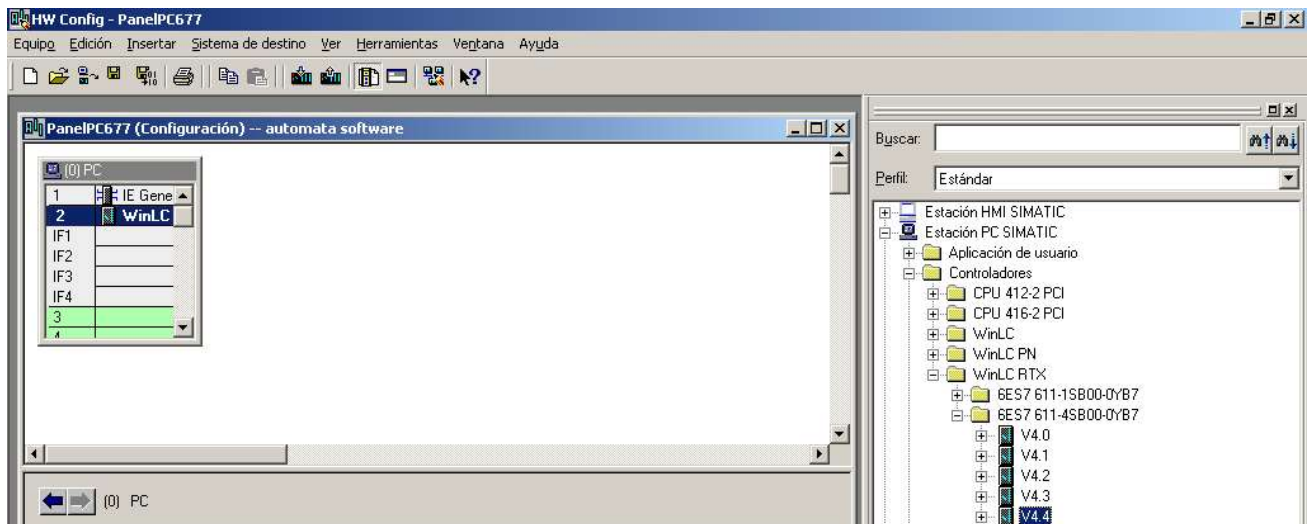


Figura 73: HW Config: Añadir módulo controlador software en slot 2.

En la segunda ranura para submódulos (IF2) se añade el submódulo Profibus compatible con la tarjeta Profibus (CP 5611), de los disponibles dentro de la versión V4.4 del controlador software (Figura 74).

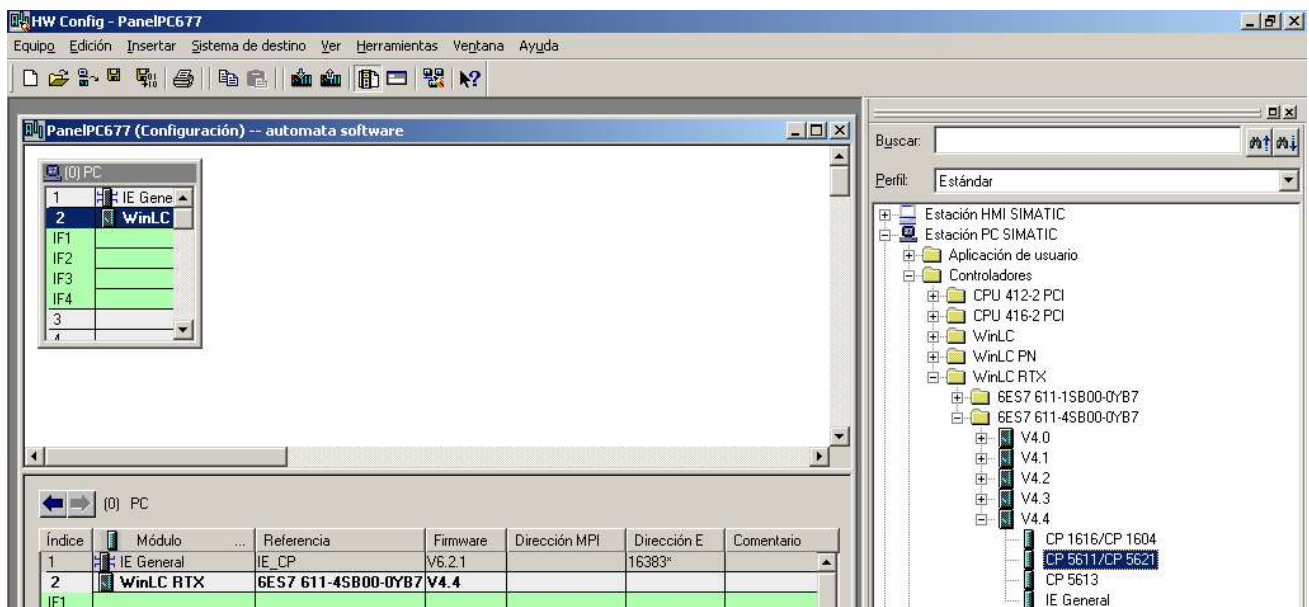


Figura 74: HW Config: Añadir submódulo interfaz Profibus en slot IF2.

Se selecciona la dirección Profibus, que debe ser “2” y se elige el interfaz “PROFIBUS(1)”, Figura 75.

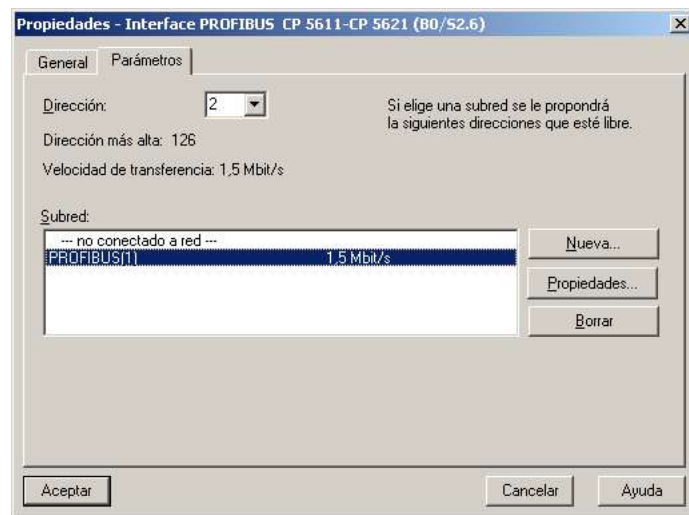


Figura 75: HW Config: Elegir dirección Profibus y subred.

Quedaría de esta forma (Figura 76), a falta de añadir el módulo de E/S descentralizadas ET200L.

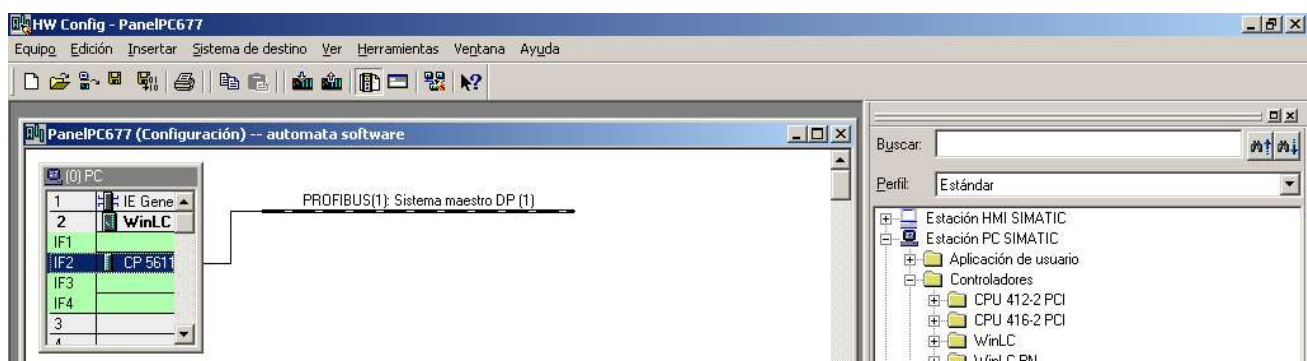


Figura 76: HW Config: A falta del módulo de E/S descentralizadas ET200L.

En este punto surge un pequeño contratiempo, ya que el módulo de 16 E / 16 S digitales no aparece en el catálogo. Por ello, se debe buscar en la página de soporte de Siemens el fichero de definición (*.gsd) correspondiente [11] .

El fichero necesario se llama “siem0017.gsd” y se añade al catálogo hardware en el menú Herramientas → Instalar archivos GSD. Ver Figura 77.



Figura 77: HW Config: Instalar archivo "siem0017.gsd".

Ahora ya se puede terminar la configuración hardware. Se añade el módulo ET200L, que ya aparece en el catálogo, en PROFIBUS-DP → ET 200L → L-16DI/16DO DP, arrastrándolo al gráfico del bus PROFIBUS y se asigna la dirección “77”, Figura 78.

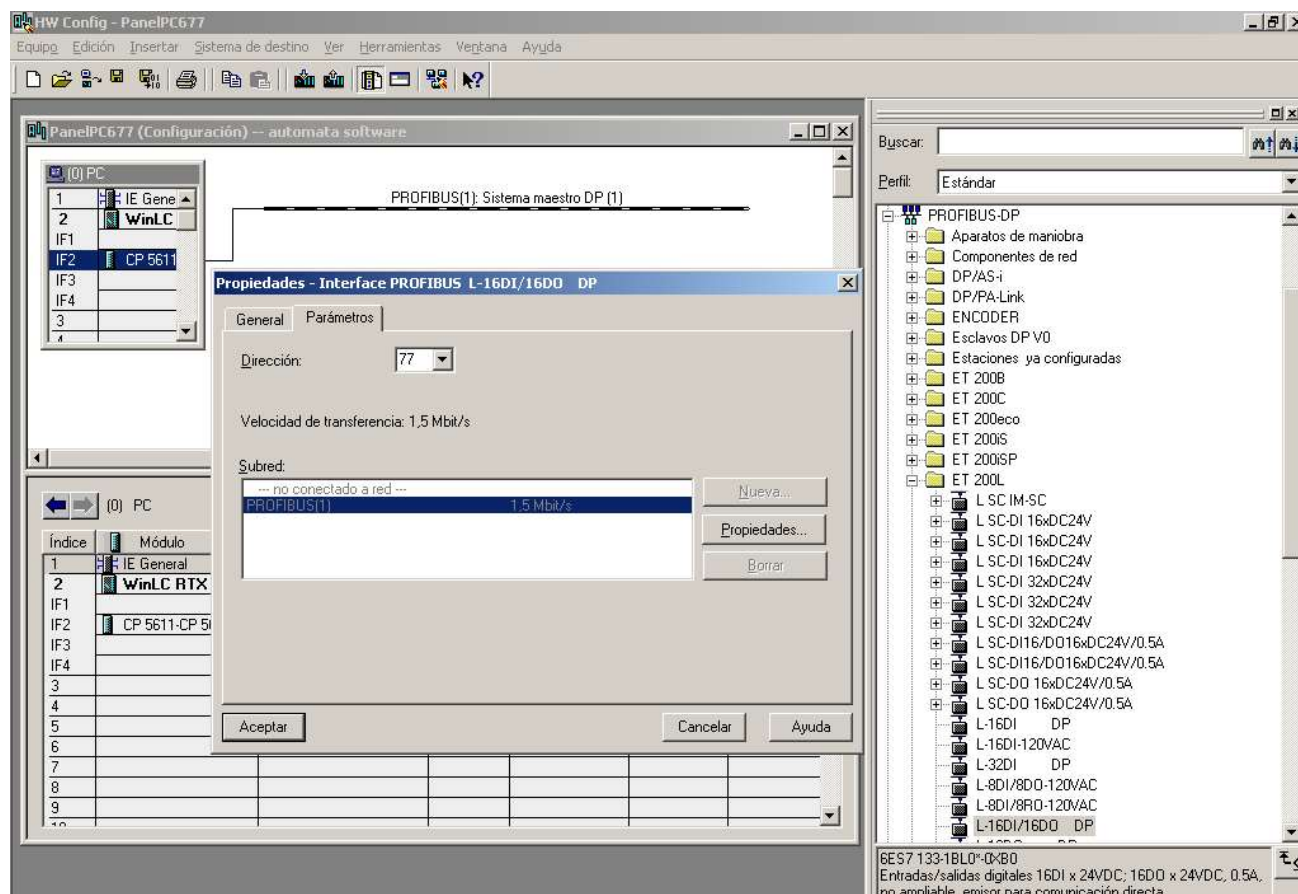


Figura 78: HW Config: Se añade el módulo ET200L 16E/16S digitales, se asigna dirección Profibus.

Se debe seleccionar la misma dirección en el propio equipo ET200L, a través de las ruedas existentes debajo del propio conector Profibus (Figura 79).



Figura 79: ET200L: Selección de dirección Profibus "77".

Con esto se termina la configuración hardware. Para transferirla al propio controlador software primero se debe arrancar éste (Figura 80).

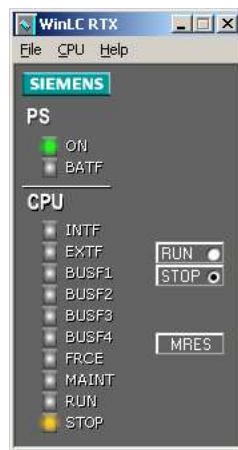


Figura 80: WinLC RTX: Se arranca controlador.

Y se transfiere la configuración al controlador software, menú Sistema de destino → Cargar en módulo (Figura 81).

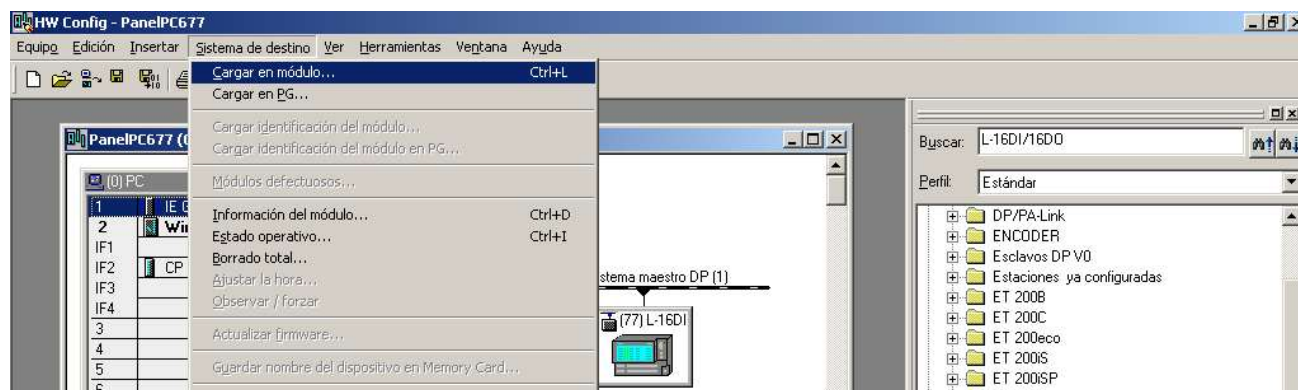


Figura 81: HW Config: Cargar configuración en controlador software.

Se seleccionan los módulos a cargar (todos, Figura 82):

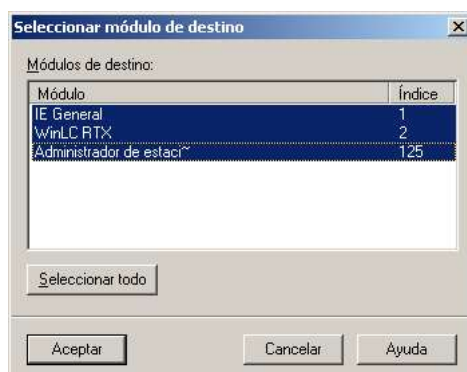


Figura 82: HW Config: Módulos a cargar.

Se elige la IP que se le ha asignado al controlador software, 192.168.1.55.



Figura 83: HW Config: Introducir IP destino.

Aparece un aviso de que es necesario detener los diferentes módulos en ejecución como paso previo a la carga. Se acepta y se procede a ésta (Figura 84).

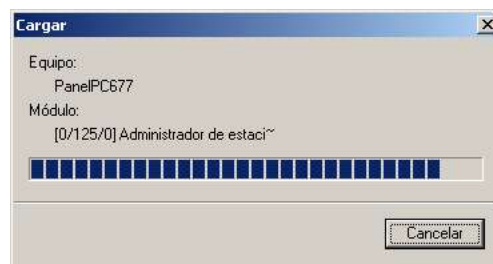


Figura 84: HW Config: Carga de módulos.

Ahora se puede pasar el controlador software a modo ejecución (RUN), Figura 85:

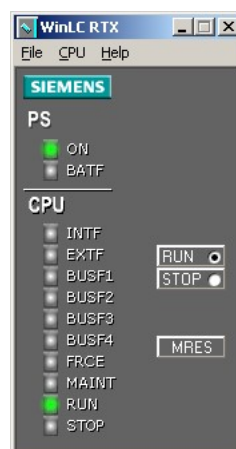


Figura 85: WinLC RTX: Paso de controlador software a RUN.

Se cierra HW Config y se continua con el Administrador SIMATIC. Ahora se podría cargar un programa en STEP7 que sería ejecutado en el controlador software. El bloque de programa principal se denomina OB1 (Figura 86).



Figura 86: SIMATIC Manager: Módulo principal de programa (OB1) en controlador software.

Para comprobar que la configuración del controlador software es correcta y comunica adecuadamente con el módulo de E/S descentralizado, se puede añadir una tabla de variables (Figura 87) y forzar alguna de las salidas.

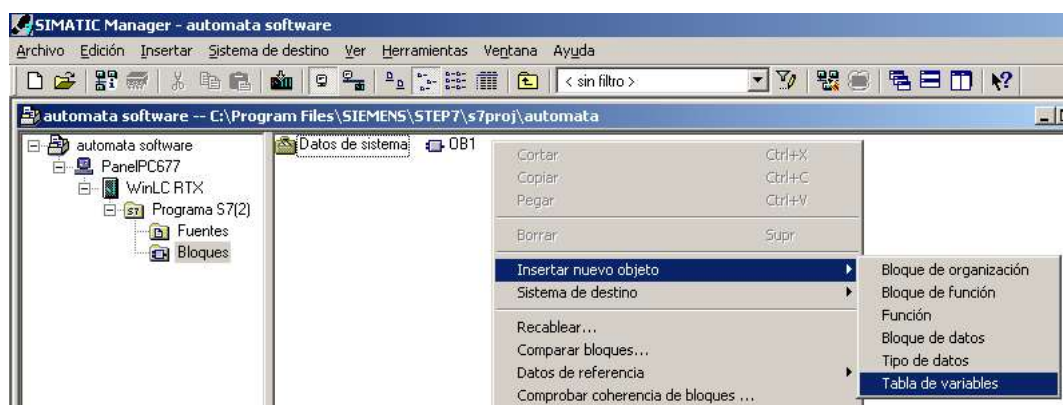


Figura 87: SIMATIC Manager: Añadir tabla de variables.

Tras crearla, se hace doble click sobre ella (se denomina “VAT_1”) y aparece el programa de observación de variables. Se añaden algunas entradas (E0.x) y salidas (A0.x), quedando la Figura 88:

The screenshot shows the 'Var - VAT_1' window. The table contains the following data:

	Operando	Símbolo	Formato de visualización	Valor de estado	Valor de forzado
1	A	0.0	BOOL		
2	A	0.1	BOOL		
3	A	0.2	BOOL		
4	A	0.3	BOOL		
5	A	0.4	BOOL		
6	A	0.5	BOOL		
7	E	0.0	BOOL		
8	E	0.1	BOOL		
9	E	0.2	BOOL		
10	E	0.3	BOOL		

Figura 88: Var: Tabla de observación de variables.

Pulsando sobre el primer icono con unas gafas se entra al modo ONLINE y se observa el estado en tiempo real de las E/S en la columna “Valor de estado”. Una vez ONLINE, se pueden forzar las salidas digitales escribiendo “1” (true) ó “0” (false) en la columna “Valor de forzado” y haciendo click en el icono con una doble flecha que se encuentra inmediatamente a la derecha del icono con las gafas.

Por ejemplo, se alimenta la primera de las entradas y se fuerza la primera salida (Figura 89).

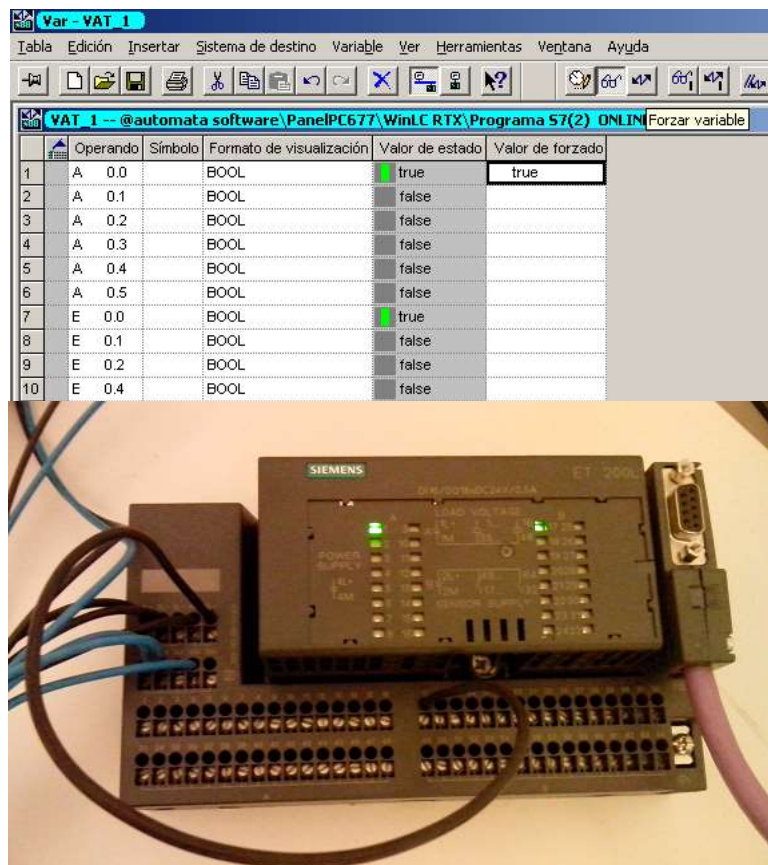


Figura 89: ET200L: Prueba E/S.

Con ello queda terminada la configuración del controlador software y verificado el funcionamiento del módulo de E/S descentralizadas.

5.3. Visualización (SCADA) de estados de Logo! y PLC software + ET200L.

En este apartado se describe cómo hay que configurar el software SCADA de Siemens (WinCC Flexible), para que comunique con el módulo Logo! y con el Controlador software WinLC RTX que se ejecuta en el propio Panel PC.

Antes de nada y para aclarar conceptos, se muestran las diferentes direcciones (IP o Profibus) de todos los equipos, añadiéndolas en el esquema general que se presentó en la Figura 30. Quedaría la Figura 90:

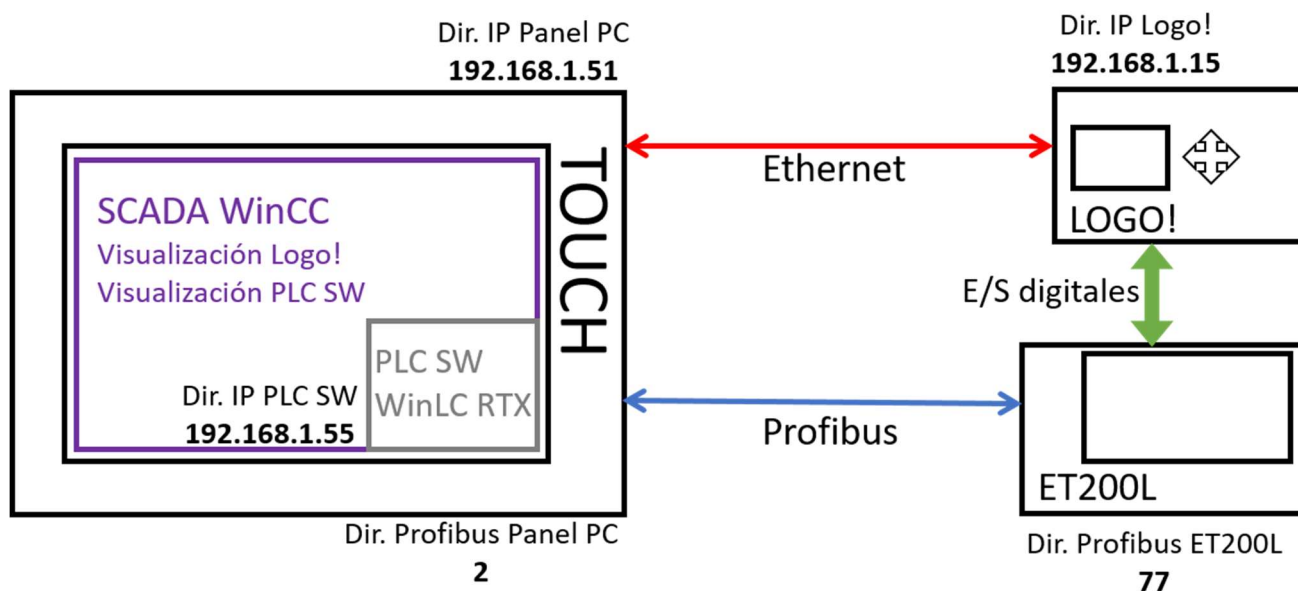


Figura 90: Direcciones de equipos.

Se abre el programa WinCC Flexible y se elige “Crear proyecto vacío” (Figura 91).

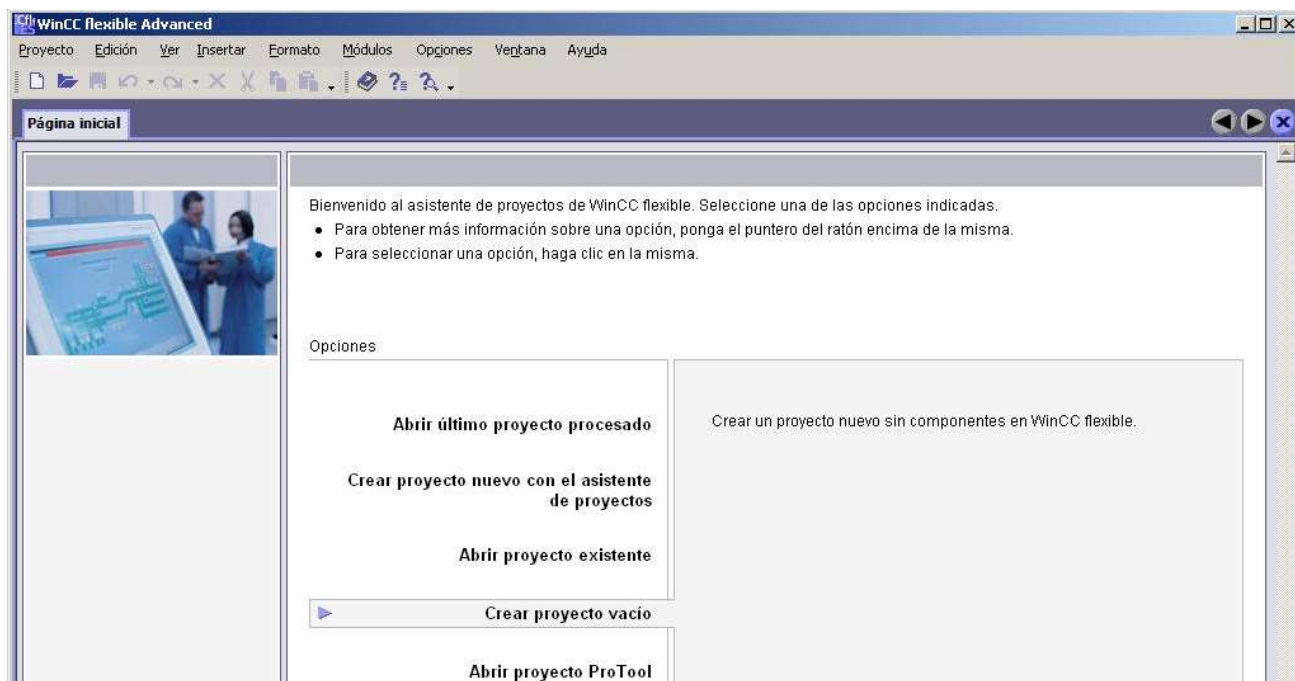


Figura 91: WinCC: Crear proyecto vacío.

Se debe seleccionar el modelo de panel de operador del que se dispone. Se busca el Panel PC 677 15” Touch, Figura 92:

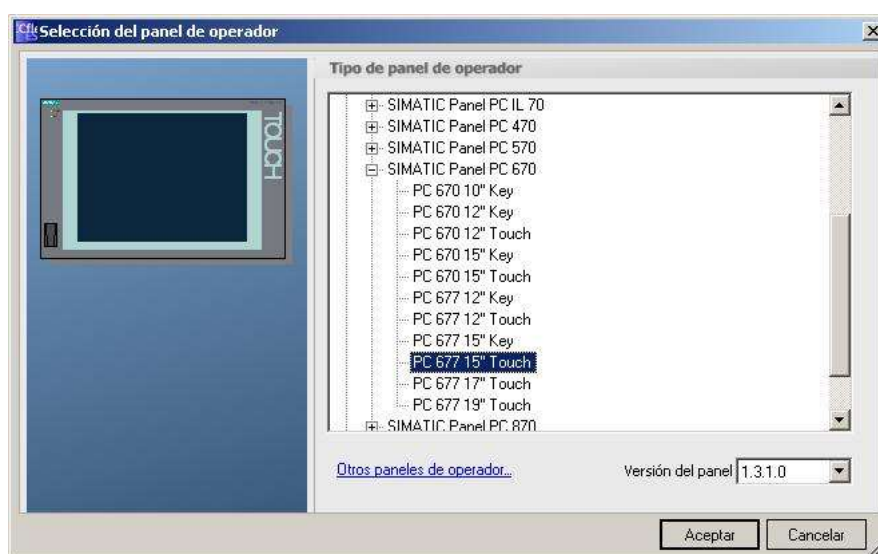


Figura 92: WinCC: Selección del panel de operador.

Se abre un proyecto de WinCC Flexible en blanco (Figura 93). Incluye una plantilla de la visualización de la pantalla, en la que se deben añadir los diferentes objetos.

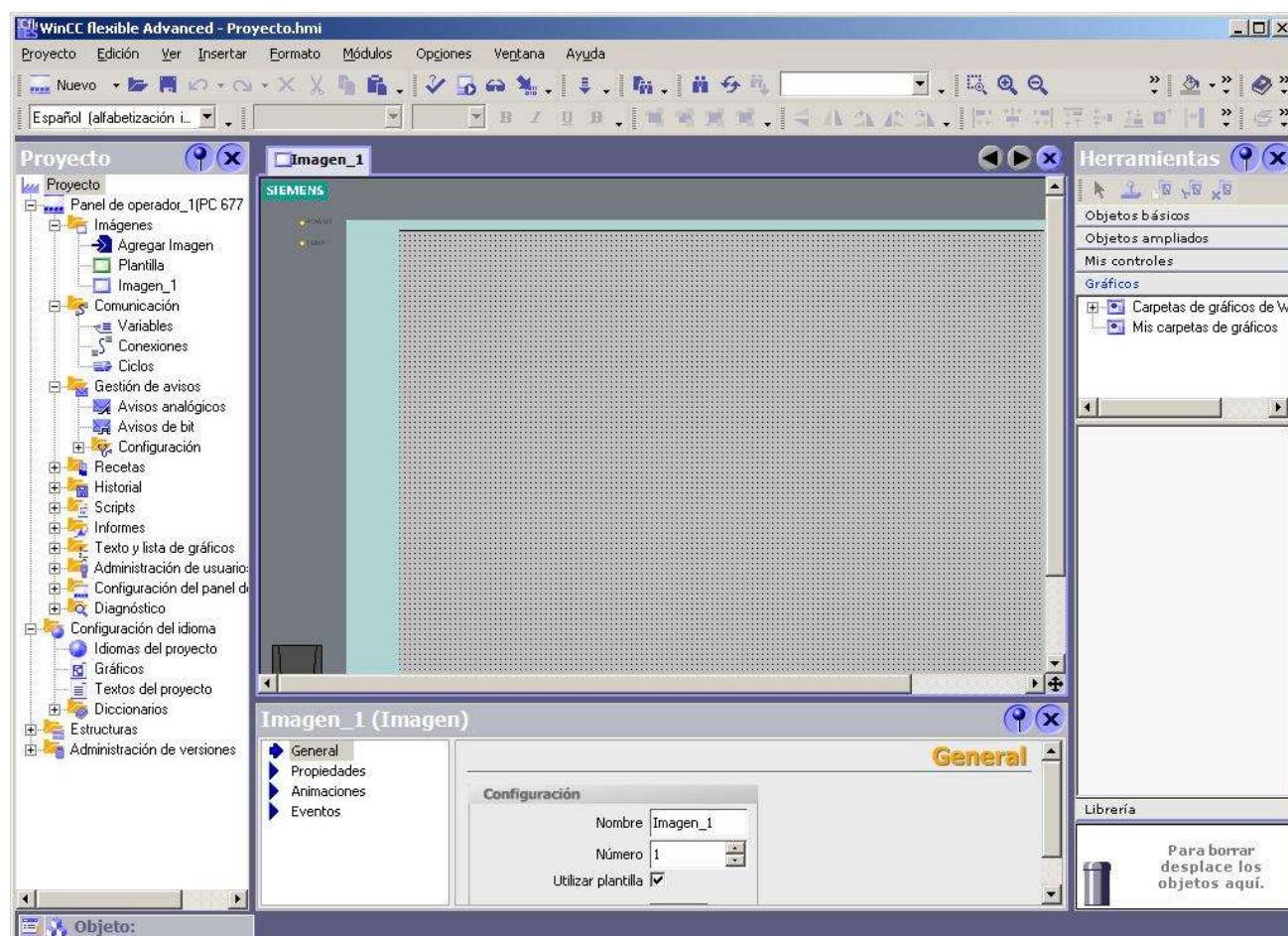


Figura 93: WinCC: Proyecto en blanco.

El siguiente paso es configurar las conexiones a los controladores (Logo! y WinLC RTX). Para ello, hay que navegar al menú Comunicación → Conexiones, haciendo doble click (Figura 94).

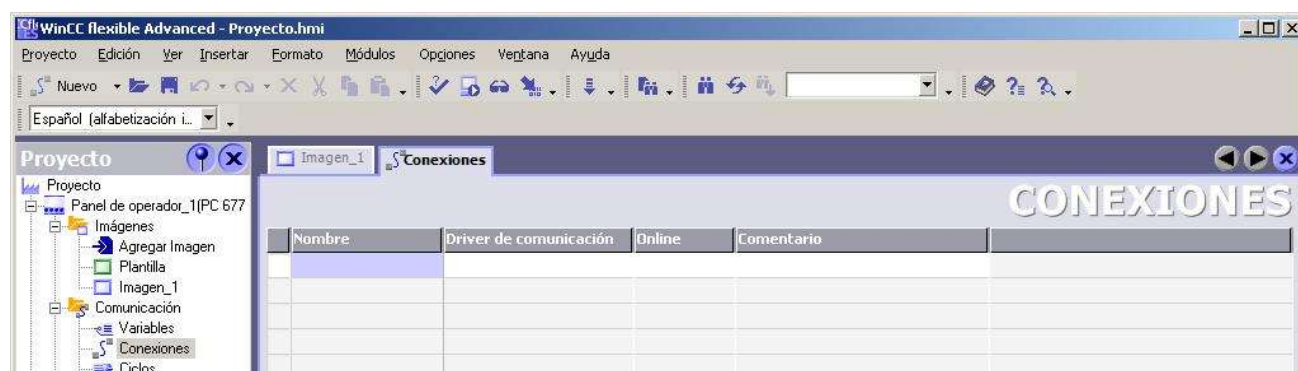


Figura 94: WinCC: Menú Conexiones.

En primer lugar se añade la conexión con el módulo Logo! [12] . El módulo Logo! 0BA7 admite la conexión con un único panel de operador, mediante Ethernet.

Se debe seleccionar “S7-200” como dispositivo de conexión. En las últimas versiones de WinCC, TIA-Portal v12 y superiores, se puede elegir directamente “LOGO” como driver de comunicación.

Se elige “LOGO” como nombre de la conexión y Ethernet como interfaz. Se introducen las direcciones IP del Panel PC y del Logo! (Figura 95).

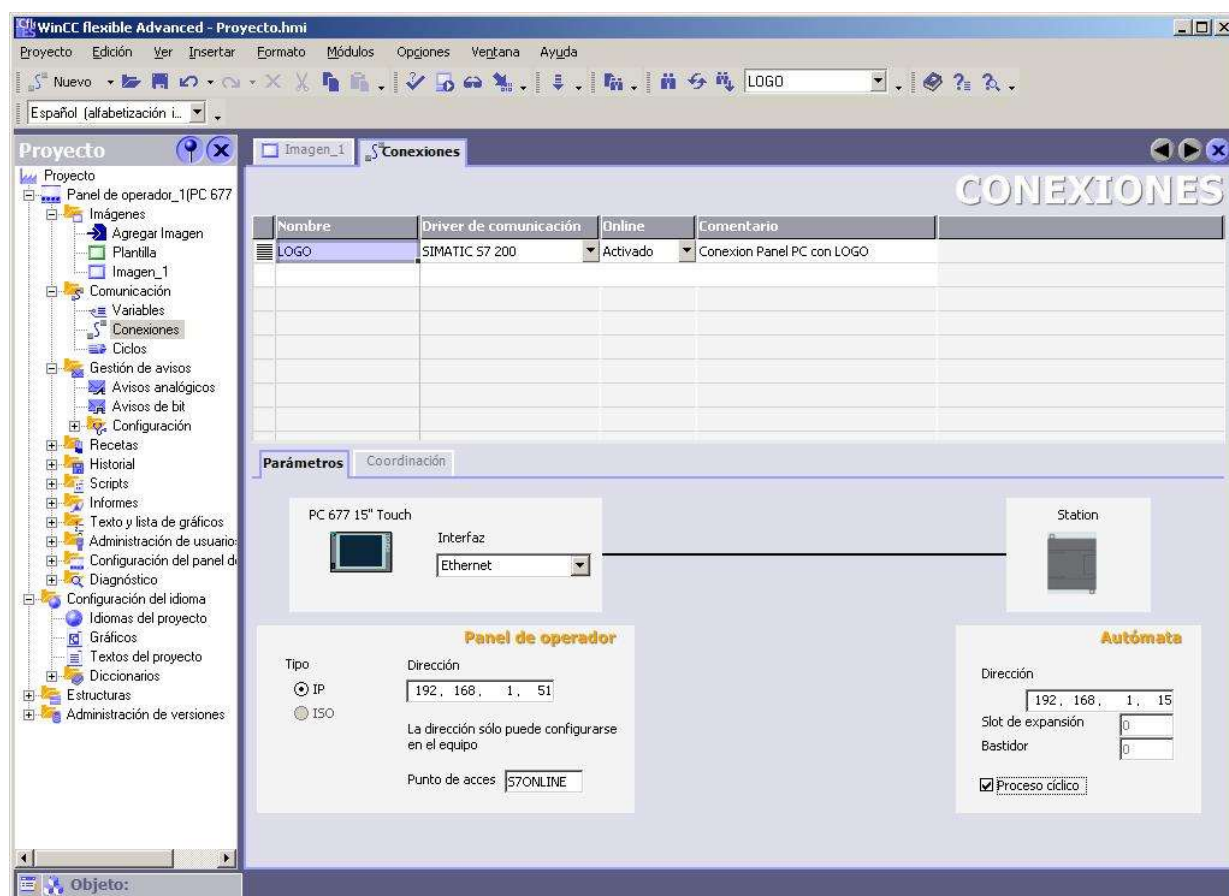


Figura 95: WinCC: Añadir conexión con Logo!.

Para permitir la conexión remota, hay que configurar la conexión Ethernet como servidor en el módulo Logo!. En LOGO!Soft Comfort, se va al menú Herramientas → Conexiones Ethernet (Figura 96), y sobre Conexiones Ethernet, Agregar conexión, haciendo click con el botón derecho (Figura 97), poniendo los parámetros según la Figura 98.

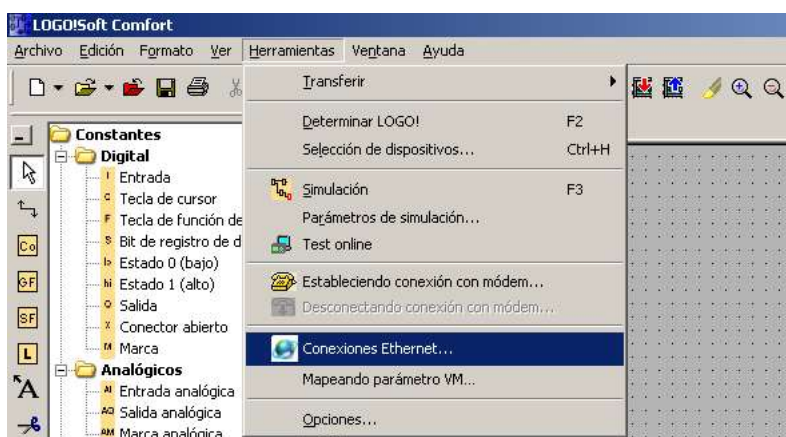


Figura 96: LOGO!Soft Comfort: Menú “Conexiones Ethernet”.

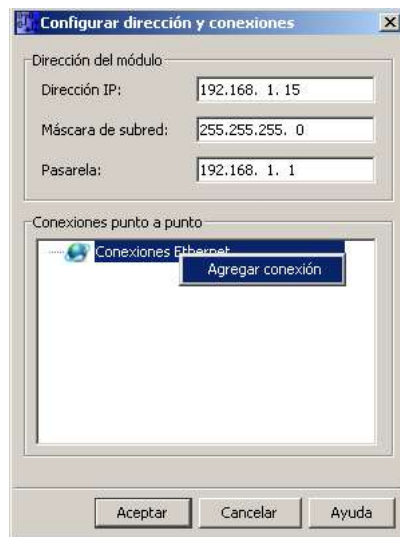


Figura 97: LOGO!Soft Comfort: Agregar conexión "servidor".

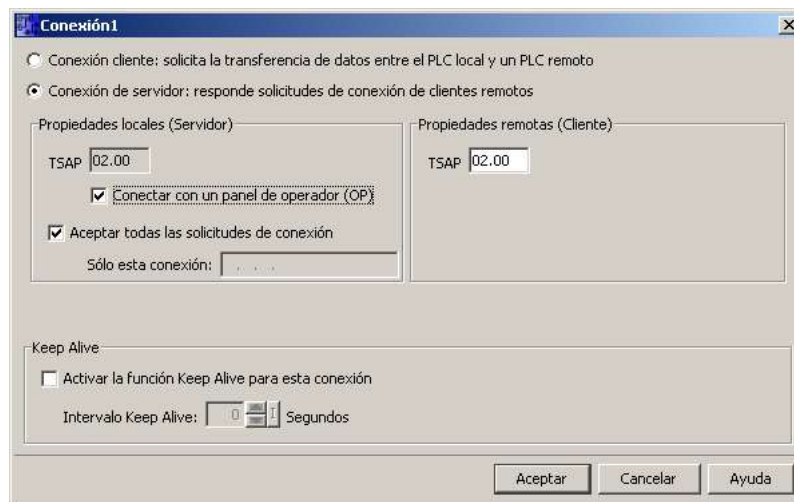


Figura 98: LOGO!Soft Comfort: Parámetros servidor.

Después de ello, hay que volver a transferir el programa con la nueva configuración, pulsando el icono “PC->LOGO!” (Figura 99) y confirmando a continuación la dirección IP.

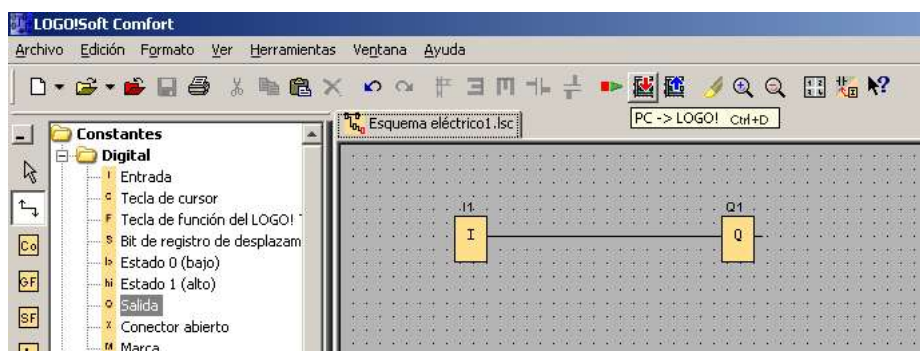


Figura 99: LOGO!Soft Comfort: Transferir a Logo!.

En segundo lugar, se añade la conexión con el Controlador Software WinLC RTX. Se nombra “WINLC” y se selecciona “SIMATIC S7 300/400” como driver de comunicación, que es el que utiliza WinLC RTX. De la misma manera que con “LOGO”, se elige “Ethernet” como interfaz y se introducen las IP’s correspondientes, según la Figura 100.

Es importante que se seleccione “Slot de expansión=2”, ya que, volviendo a la Figura 73, en esta posición es donde se ha añadido el módulo del controlador software WinLC RTX v4.4.

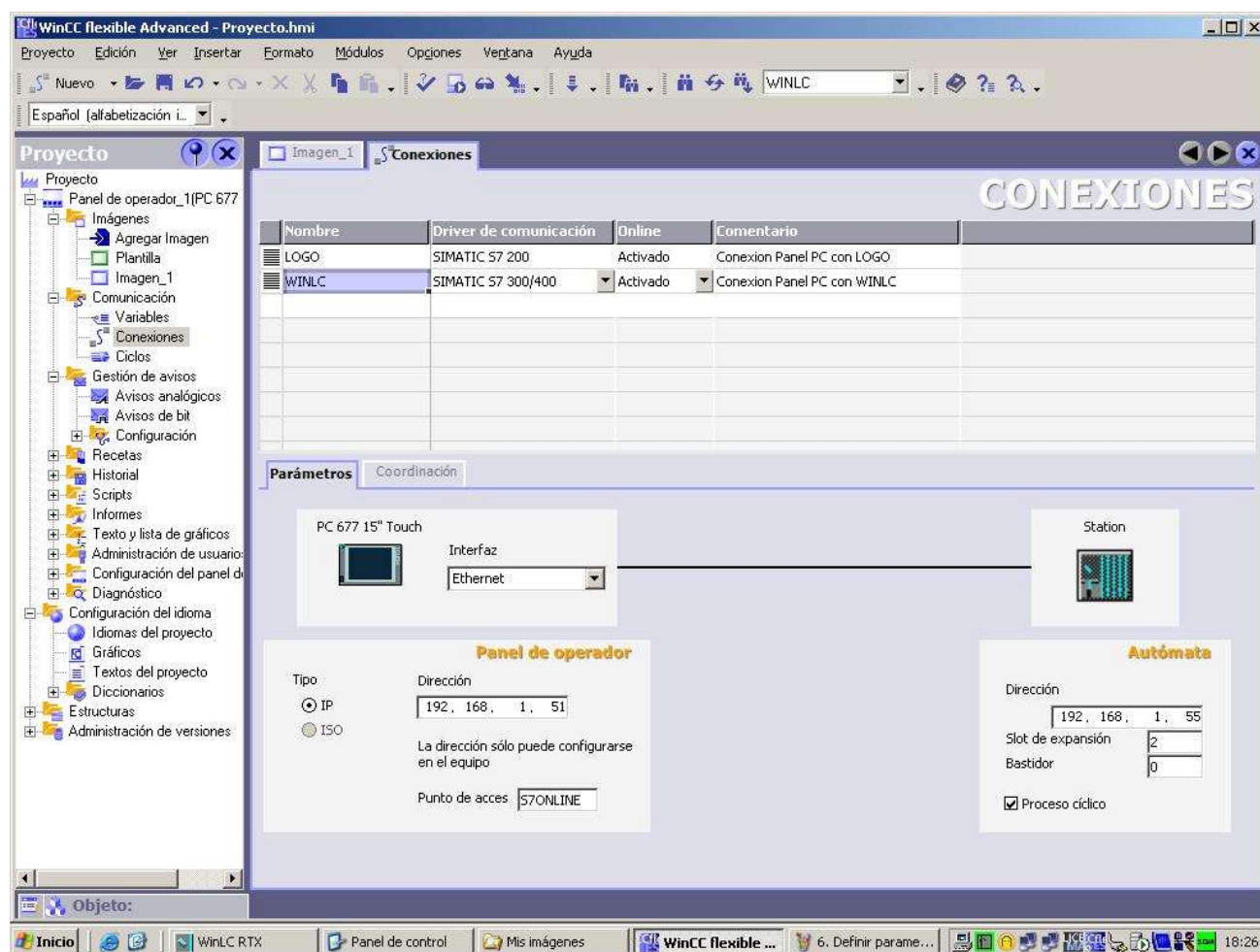


Figura 100: WinCC: Añadir conexión con Automata Software WinLC RTX.

Ahora se continua asignando las variables a utilizar en el SCADA. Se navega hasta el menú Comunicación → Variables, haciendo doble click (Figura 101).



Figura 101: WinCC: Menú Variables.

Se añaden una a una las 8 entradas y 4 salidas digitales del módulo Logo! y las 16 entradas y 16 salidas digitales del módulo ET200L.

En cada una de ellas, se debe introducir un nombre de variable, por ejemplo “LOGO Entrada I1”, “WINLC Salida A0.0”. En el campo “Conexión” se elige una de las dos que se han creado en el apartado anterior, es decir, “LOGO” o “WINLC” según corresponda (Figura 102).

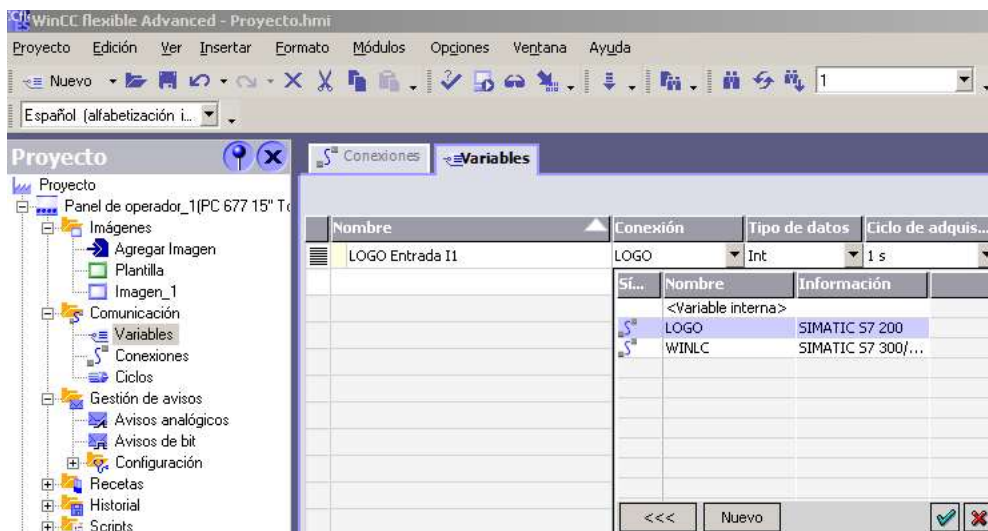


Figura 102: WinCC: Añadir variables, selección Conexión.

Finalmente hay que elegir el tipo de variable (en el caso de las E/S será “Bool”, booleana) y la variable como tal, en el campo “Dirección”. Se observa que según el tipo de conexión aparecen distintos campos a seleccionar, Figura 103.

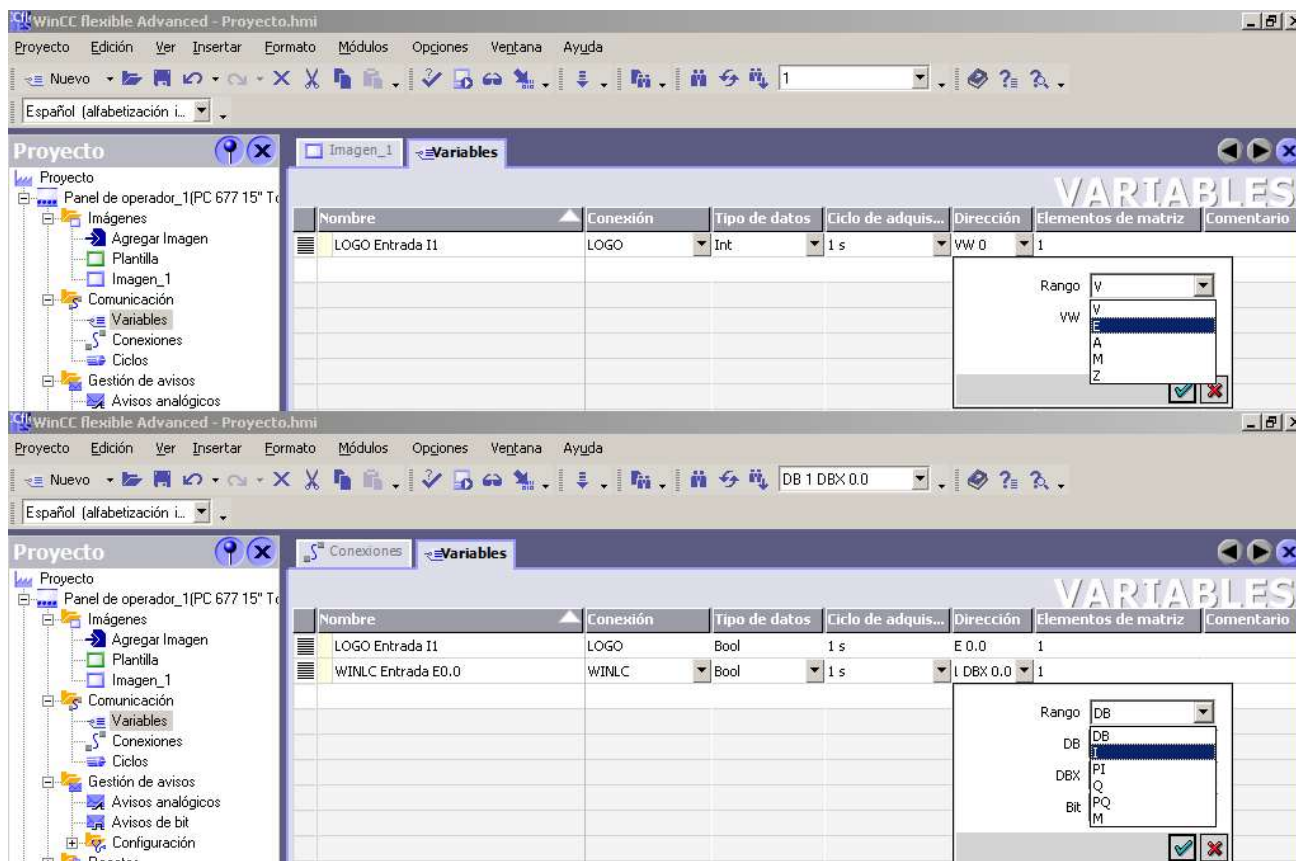


Figura 103: WinCC: Añadir variables, selección Dirección. Diferencias según tipo de conexión.

La asignación de dirección de variables se hace según la siguiente Tabla 34:

Variable LOGO!	WinCC
Entradas	I1 E 0.0
	I2 E 0.1
	I3 E 0.2
	I4 E 0.3
	I5 E 0.4
	I6 E 0.5
	I7 E 0.6
	I8 E 0.7
Salidas	Q1 A 0.0
	Q2 A 0.1
	Q3 A 0.2
	Q4 A 0.3

Variable WinLC	WinCC
Entradas	E0.0 I 0.0
	E0.1 I 0.1
	E0.2 I 0.2
	E0.3 I 0.3
	E0.4 I 0.4
	E0.5 I 0.5
	E0.6 I 0.6
	E0.7 I 0.7
	E1.0 I 1.0
	E1.1 I 1.1
	E1.2 I 1.2
	E1.3 I 1.3
	E1.4 I 1.4
	E1.5 I 1.5
	E1.6 I 1.6
	E1.7 I 1.7

Variable WinLC	WinCC
Salidas	A0.0 Q 0.0
	A0.1 Q 0.1
	A0.2 Q 0.2
	A0.3 Q 0.3
	A0.4 Q 0.4
	A0.5 Q 0.5
	A0.6 Q 0.6
	A0.7 Q 0.7
	A1.0 Q 1.0
	A1.1 Q 1.1
	A1.2 Q 1.2
	A1.3 Q 1.3
	A1.4 Q 1.4
	A1.5 Q 1.5
	A1.6 Q 1.6
	A1.7 Q 1.7

Tabla 34: WinCC: Equivalencia de variables.

Quedaría de esta manera, Figura 104:

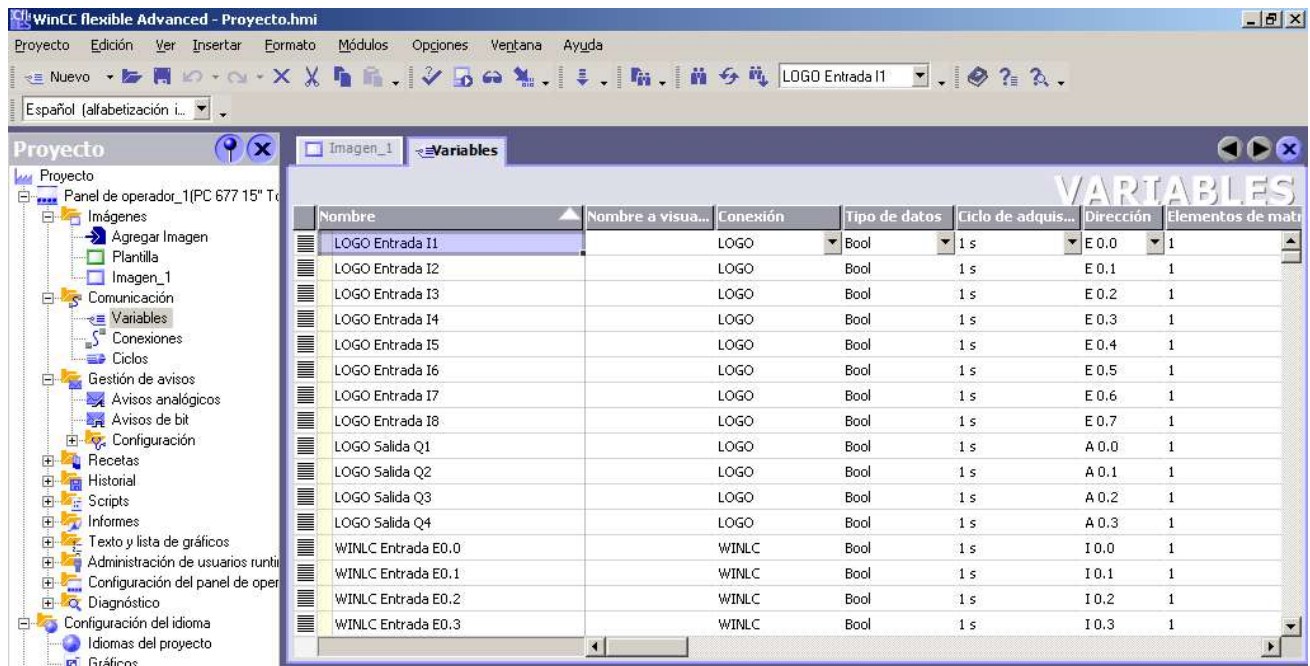


Figura 104: WinCC: Variables introducidas.

Tras haber asignado las variables ya se puede empezar a dar forma a la visualización. Se navega al menú Imágenes → Image_1, que es el nombre de la visualización que se genera al crear un nuevo proyecto. Se observa que se ha generado en base a una plantilla fiel a la imagen del Panel PC (Figura 105).

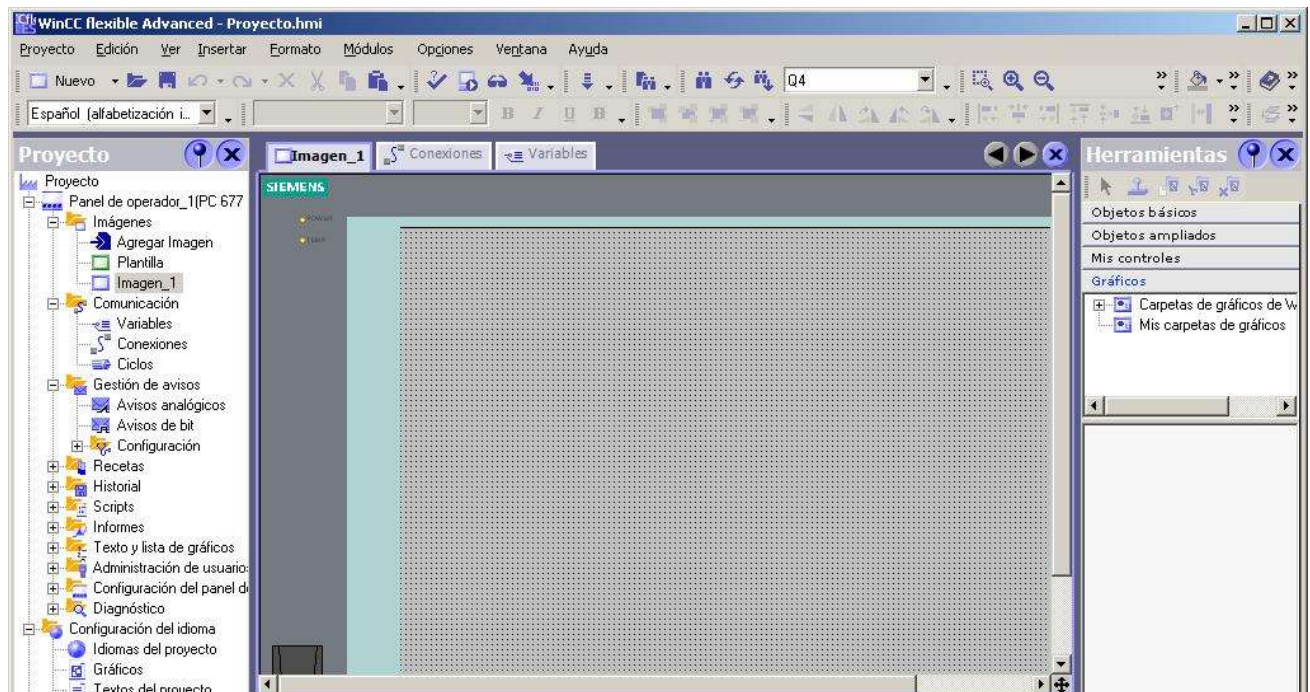


Figura 105: WinCC: Imagen generada por defecto.

No es objeto de este documento mostrar cómo se diseña una visualización en WinCC, pero se darán unas rápidas pautas.

El objetivo inicial es crear una sencilla interfaz donde se pueda monitorizar el estado de todas las entradas / salidas de ambos equipos (Logo! y autómatas software WinLC RTX), y cambiar el estado de las salidas presionando directamente en la pantalla sobre la variable elegida (no olvidar que se trata de un panel táctil).

Para ello, se irán añadiendo diferentes objetos de distinta complejidad. Por ejemplo, se pueden añadir campos de texto, círculos, botones o imágenes que cambien de aspecto según el estado de las diferentes variables.

En la Figura 106, se ha creado un campo de texto con un círculo a su lado cuyo color de relleno cambia según el valor de la variable “LOGO Entrada I1” (blanco si está a 0, verde si está a 1). Ello se define modificando los campos dentro del menú Animaciones → Apariencia, tras haber seleccionado el círculo en cuestión.

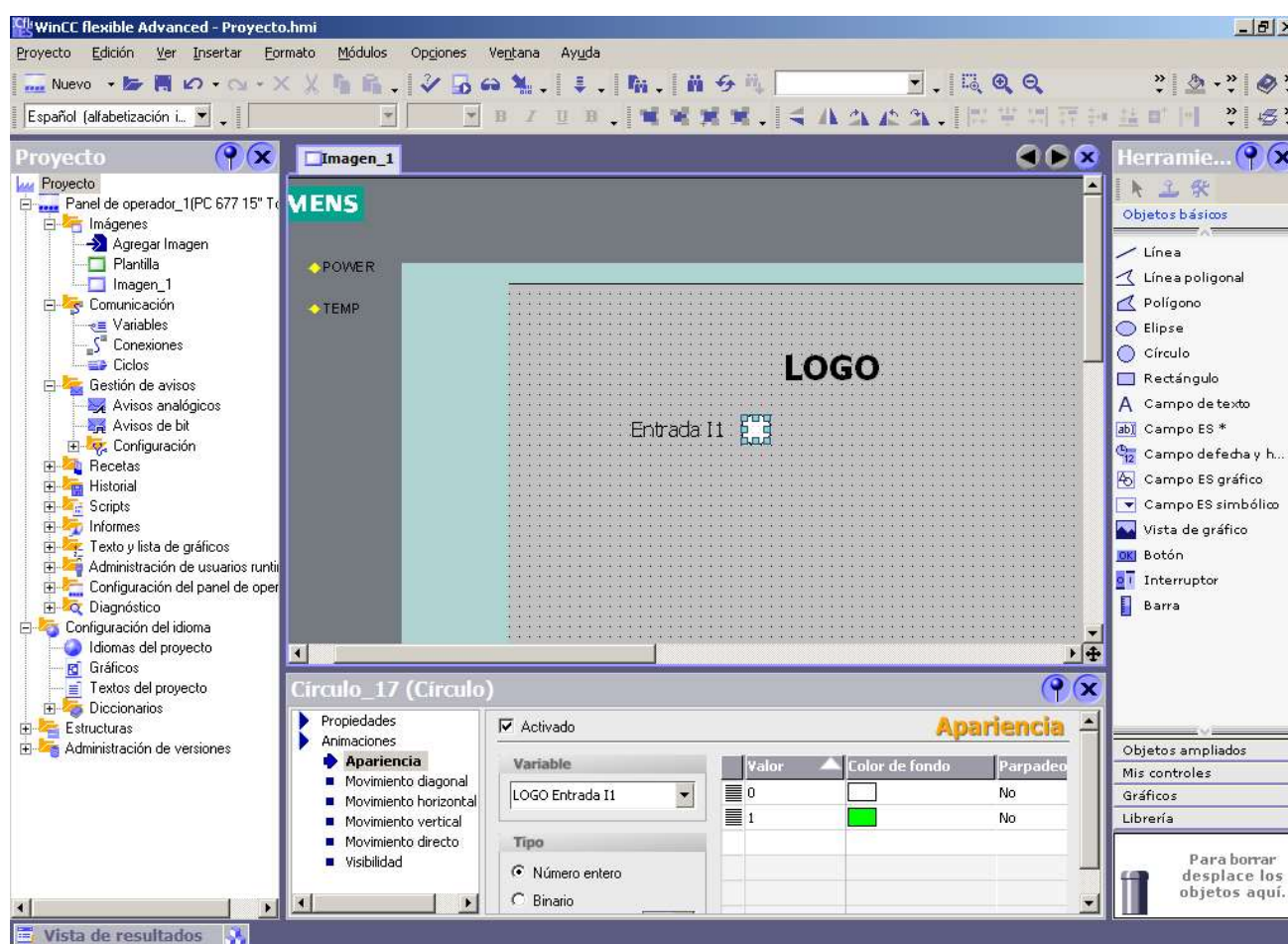


Figura 106: WinCC: Añadir objetos.

De forma similar, se pueden añadir botones que, al pulsarlos, inviertan el estado de las salidas. Tan sencillo como asignar la función “InvertirBit” al Evento “Hacer clic” del nuevo botón y seleccionar la salida correspondiente (Figura 107).

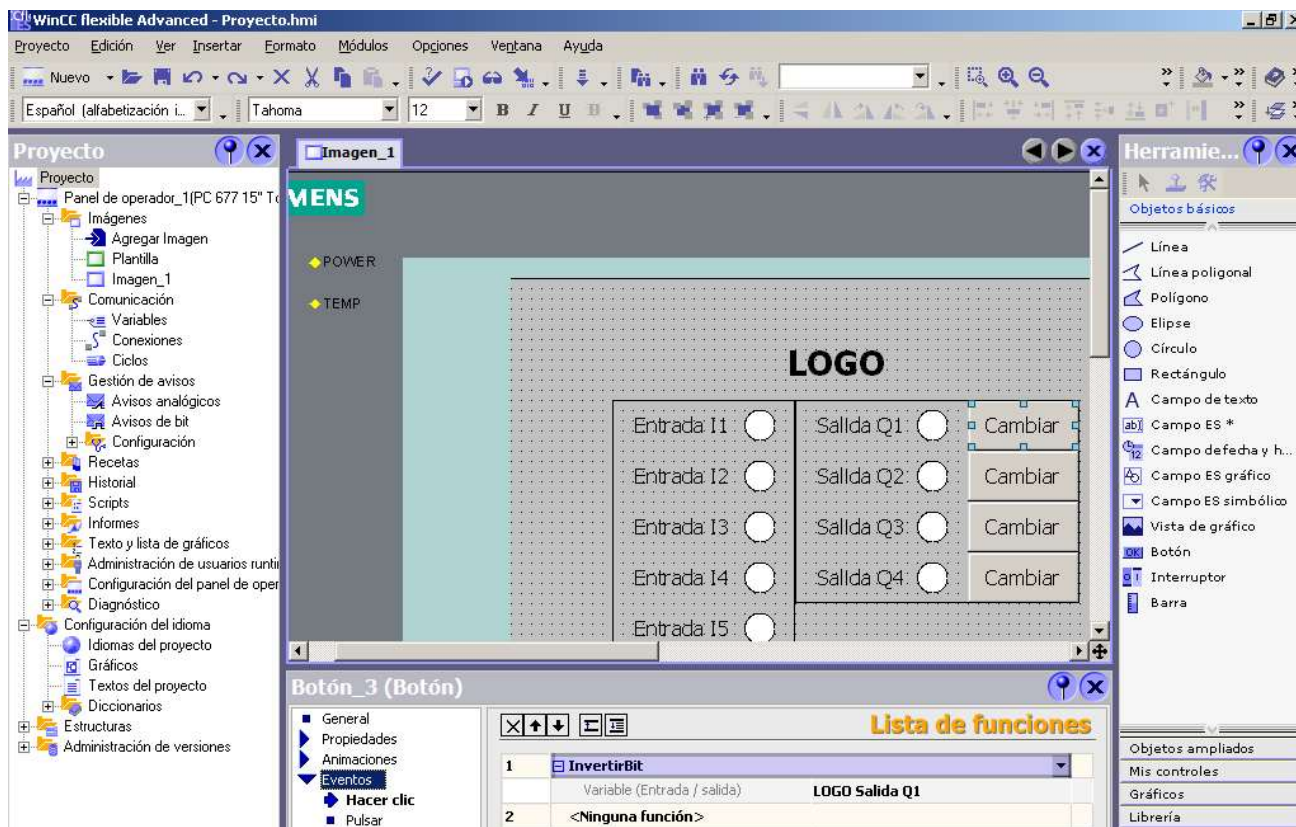


Figura 107: WinCC: Botón con función "InvertirBit".

No se debe olvidar añadir algún método para parar la ejecución de la visualización, como por ejemplo un botón con la función "PararRuntime":

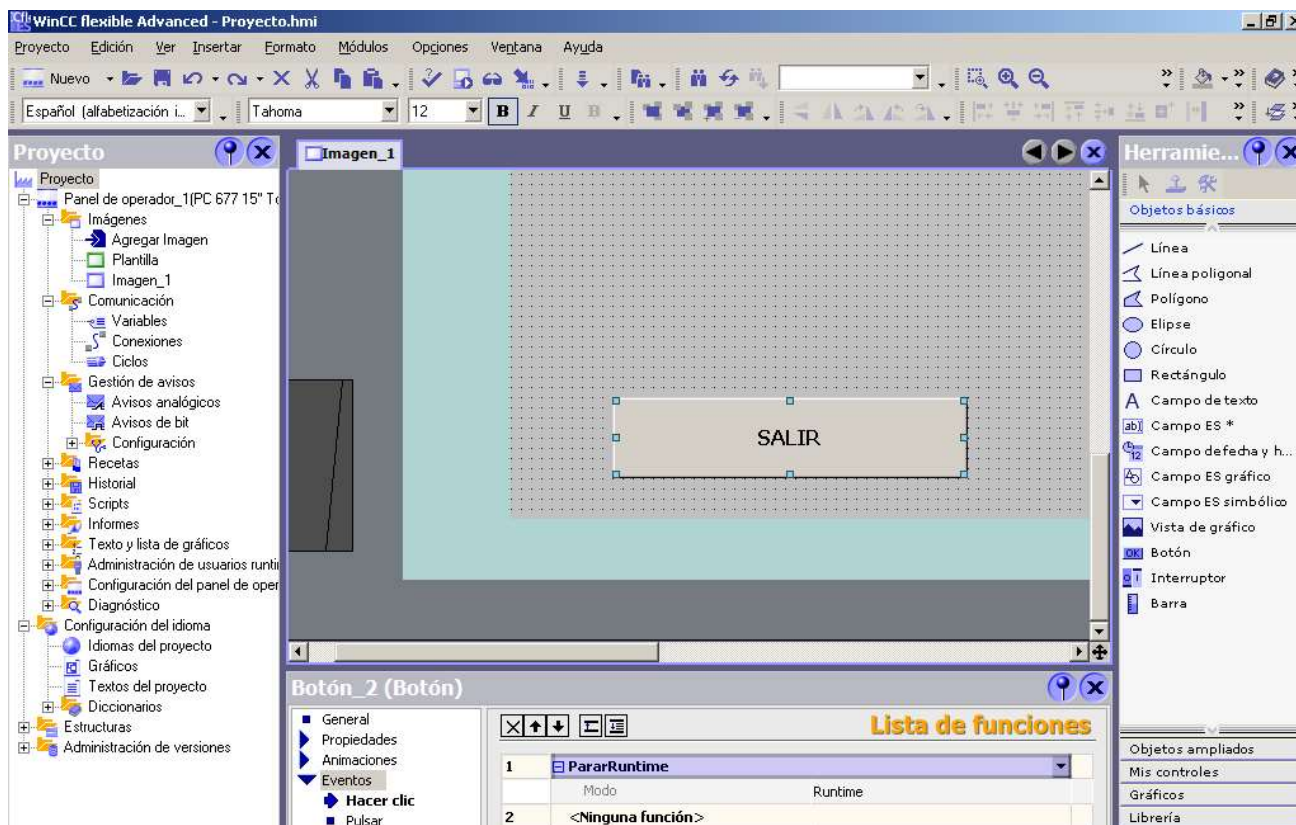


Figura 108: WinCC: Botón con función "PararRuntime".

Repitiendo las operaciones anteriores y seleccionando las variables adecuadas, se puede crear sin demasiado esfuerzo una sencilla interfaz de visualización como la siguiente, Figura 109:

LOGO		
Entrada I1 <input type="radio"/>	Salida Q1 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada I2 <input type="radio"/>	Salida Q2 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada I3 <input type="radio"/>	Salida Q3 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada I4 <input type="radio"/>	Salida Q4 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada I5 <input type="radio"/>		
Entrada I6 <input type="radio"/>		
Entrada I7 <input type="radio"/>		
Entrada I8 <input type="radio"/>		

WINLC RTX		
Entrada E0.0 <input type="radio"/>	Salida A0.0 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.1 <input type="radio"/>	Salida A0.1 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.2 <input type="radio"/>	Salida A0.2 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.3 <input type="radio"/>	Salida A0.3 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.4 <input type="radio"/>	Salida A0.4 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.5 <input type="radio"/>	Salida A0.5 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.6 <input type="radio"/>	Salida A0.6 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E0.7 <input type="radio"/>	Salida A0.7 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.0 <input type="radio"/>	Salida A1.0 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.1 <input type="radio"/>	Salida A1.1 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.2 <input type="radio"/>	Salida A1.2 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.3 <input type="radio"/>	Salida A1.3 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.4 <input type="radio"/>	Salida A1.4 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.5 <input type="radio"/>	Salida A1.5 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.6 <input type="radio"/>	Salida A1.6 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>
Entrada E1.7 <input type="radio"/>	Salida A1.7 <input type="radio"/>	<input type="button" value="Cambiar"/>

<input type="button" value="SALIR"/>

Figura 109: WinCC: Interfaz de prueba E/S.

Pero antes, para lanzar la ejecución, se debe haber pulsado el icono “Iniciar runtime” (Figura 110).

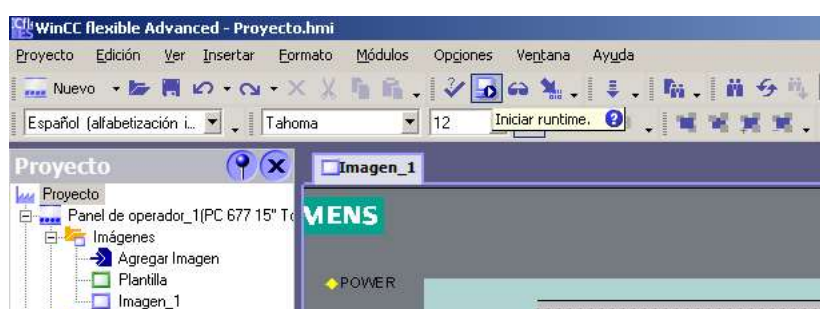
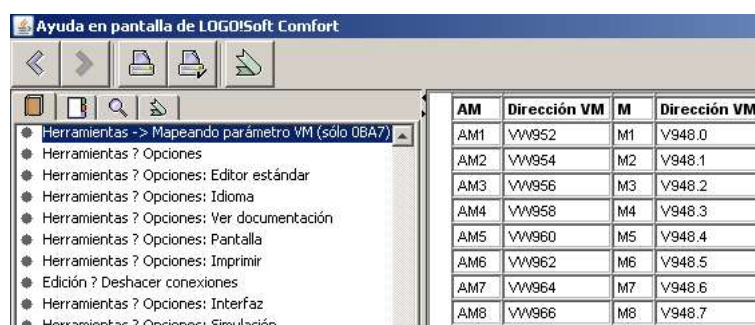


Figura 110: WinCC: Iniciar runtime.

En este punto se tiene un SCADA completamente funcional y operativo con el que se pueden visualizar y modificar las entradas y salidas de los equipos.

Sin embargo, puede ser interesante además, tener acceso a otras variables más dependientes del programa que se esté ejecutando, por ejemplo marcas y temporizadores.

Para acceder a las marcas del Logo!, simplemente hay que consultar una tabla de equivalencias que se encuentra en la ayuda de Logo!Soft Comfort, apartado “Herramientas -> Mapeado parámetro VM (sólo 0BA7)”, en la que se ve la dirección que se debe asignar en la lista de variables de WinCC (Figura 111):



AM	Dirección VM	M	Dirección VM
AM1	VW952	M1	V948.0
AM2	VW954	M2	V948.1
AM3	VW956	M3	V948.2
AM4	VW958	M4	V948.3
AM5	VW960	M5	V948.4
AM6	VW962	M6	V948.5
AM7	VW964	M7	V948.6
AM8	VW966	M8	V948.7

Figura 111: Logo!Soft Comfort: Mapeado marcas.

Por ejemplo, para acceder a la Marca M1 del Logo!, se debe asignar a la variable V948.0 en WinCC (Figura 112):



Nombre	Conexión	Tipo de datos	Ciclo de adquis...	Dirección
LOGO M1	LOGO	Bool	1 s	V 948.0

Figura 112: WinCC: Marcas Logo!.

También es posible acceder a los diferentes parámetros de los bloques, por ejemplo retardos, contadores, etc., mediante lo que se denomina “búfer VM” (VM=Variable Memory). Es posible definir hasta 64 variables de este tipo, que se almacenarán en un buffer el cual será accesible por medio del servidor Ethernet del Logo!.

Estas variables se definen en el menú Herramientas → Mapeando parámetro VM... (Figura 113).

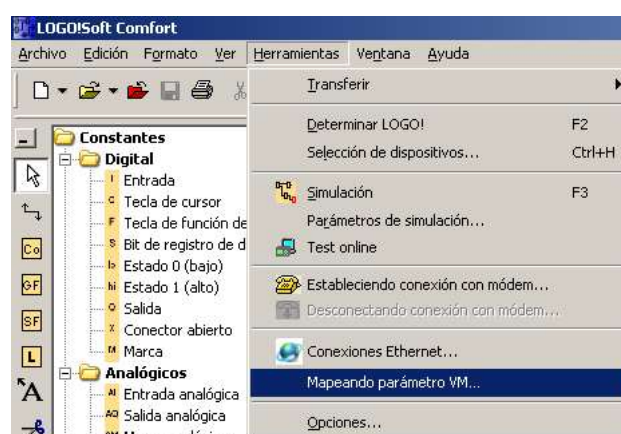


Figura 113: Logo!Soft Comfort: Mapeando parámetro VM.

Una vez aquí, se añaden las variables que se necesiten, asignándose una dirección automáticamente a cada una de ellas (Figura 114).



Figura 114: Logo!Soft Comfort: Configuración de memoria variable.

En WinCC se asigna la dirección equivalente para acceder a estas variables. Por ejemplo, para acceder al parámetro “Retardo a la conexión” del bloque B001 [Retardo a la conexión], se debe asignar la dirección VW2 (Figura 115):

Nombre	Nombre a visua...	Conexión	Tipo de datos	Ciclo de adquis...	Dirección
WINLC Salida A1.7		WINLC	Bool	1 s	Q 1.7
LOGO Límite de conexión B001		LOGO	Word	1 s	VW 2
LOGO Límite de conexión B002		LOGO	Word	1 s	VW 8
LOGO Límite de conexión B003		LOGO	Word	1 s	VW 14

Figura 115: WinCC: Parámetros VM.

Por otro lado, también es posible acceder a las marcas y demás parámetros del PLC software.

En el caso de las marcas, el acceso es directo. Por ejemplo, para acceder a la marca M 0.0 (Figura 116), simplemente se debe asignar “M 0.0” en la tabla de variables de WinCC (Figura 117).

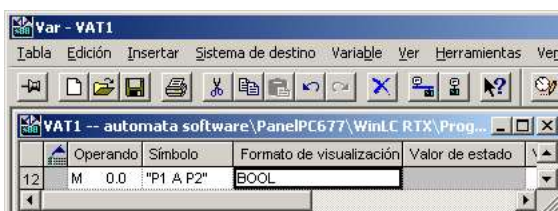


Figura 116: Var: Marca PLC software.

Nombre	Nombre a visua...	Conexión	Tipo de datos	Ciclo de adquis...	Dirección
WINLC Marca P1 a P2		WINLC	Bool	1 s	M 0.0
WINLC Marca P2 a P1		WINLC	Bool	1 s	M 1.1

Figura 117: WinCC: Marca PLC software.

Con estas pautas se pueden crear unos SCADA más avanzados, como los que se diseñan al final del siguiente capítulo.

6. MONTAJE Y PROGRAMACIÓN DEL PROTOTIPO

A la vez que se configuraba el diferente software y se utilizaban los equipos cableados y montados directamente en una mesa (Figura 118), se vio conveniente montar todos ellos en algún tipo de bastidor que facilitara su manejo y su movilidad.



Figura 118: Prototipo: Equipos montados en la mesa.

6.1. Montaje del bastidor.

En primer lugar, se montó el Panel PC sobre dos perfiles en “L” de 1 mm de espesor, perforados, utilizando los orificios frontales del Panel PC y se aprovechó la parte superior para instalar dos carriles DIN en los que montar el resto de equipos. Todo ello viene soportado por una base rectangular en la que se han instalado 4 ruedas pequeñas para poderlo mover más fácilmente. Además, se añadieron unas escuadras en la base y unos perfiles en ángulo para dotar al conjunto de cierta rigidez adicional. El resultado se tiene en la Figura 119.

La unión entre los diferentes perfiles se llevó a cabo con tornillería de acero calidad 6.8.



Figura 119: Prototipo: Montaje inicial Panel PC.

Posteriormente, los diferentes elementos se reorganizaron de forma más adecuada y se empezaron a cablear (Figura 120).



Figura 120: Prototipo: Cableado de los equipos.

6.2. Cableado Logo! ↔ maqueta / ET200L.

La maqueta dispone de 2 conectores de 25 pines, uno hembra y otro macho, a los cuales originalmente se enchufan 2 cables que se dirigen a las entradas y salidas del autómata TSX57 del Laboratorio. De forma análoga, se necesita preparar un par de cables para poder conectar la maqueta a las entradas y salidas del módulo Logo! 230RCE.

La correspondencia de pines según las entradas y salidas necesarias es la siguiente, y con ella se montan los 2 cables mencionados (Tabla 35 y Tabla 36).

Descripción	E/S Autómata TSX57	E/S Logo!	Color cable	Cable 25 pines H
Nivel 1	%I1.8	Entrada I1 Logo!	Amarillo	Pin 4
Nivel 2	%I1.9	Entrada I2 Logo!	Rojo	Pin 5
Nivel 3	%I1.10	Entrada I3 Logo!	Verde	Pin 6
Nivel 4	%I1.11	Entrada I4 Logo!	Azul	Pin 9
Nivel 5	%I1.12	Entrada I5 Logo!	Marrón	Pin 10
Nivel 6	%I1.13	Entrada I6 Logo!	Negro	Pin 11
+24V _{DC}	+24V _{DC}	+24V _{DC} (fte alim.)	Blanco/negro	Pin 25
0V	0 V	0 V (fte alim.)	Blanco	Pines 14 y 20

Tabla 35: Correspondencia de pines entradas Logo! → Maqueta.

Descripción	E/S Autómata TSX57	E/S Logo!	Color cable	Cable 25 pines M
Relé Atrás	%Q2.0	Salida Q1 Logo!	Amarillo	Pin 4
Relé Adelante	%Q2.1	Salida Q2 Logo!	Rojo	Pin 5
Led	%Q2.2	Salida Q3 Logo!	Verde	Pin 9
Led	%Q2.3	Salida Q4 Logo!	Azul	Pin 10
Común	Común	Común	Blanco	Pin 2

Tabla 36: Correspondencia de pines salidas Logo! → Maqueta.

Una vez montados estos 2 cables, la apariencia del prototipo puede verse en la Figura 121:

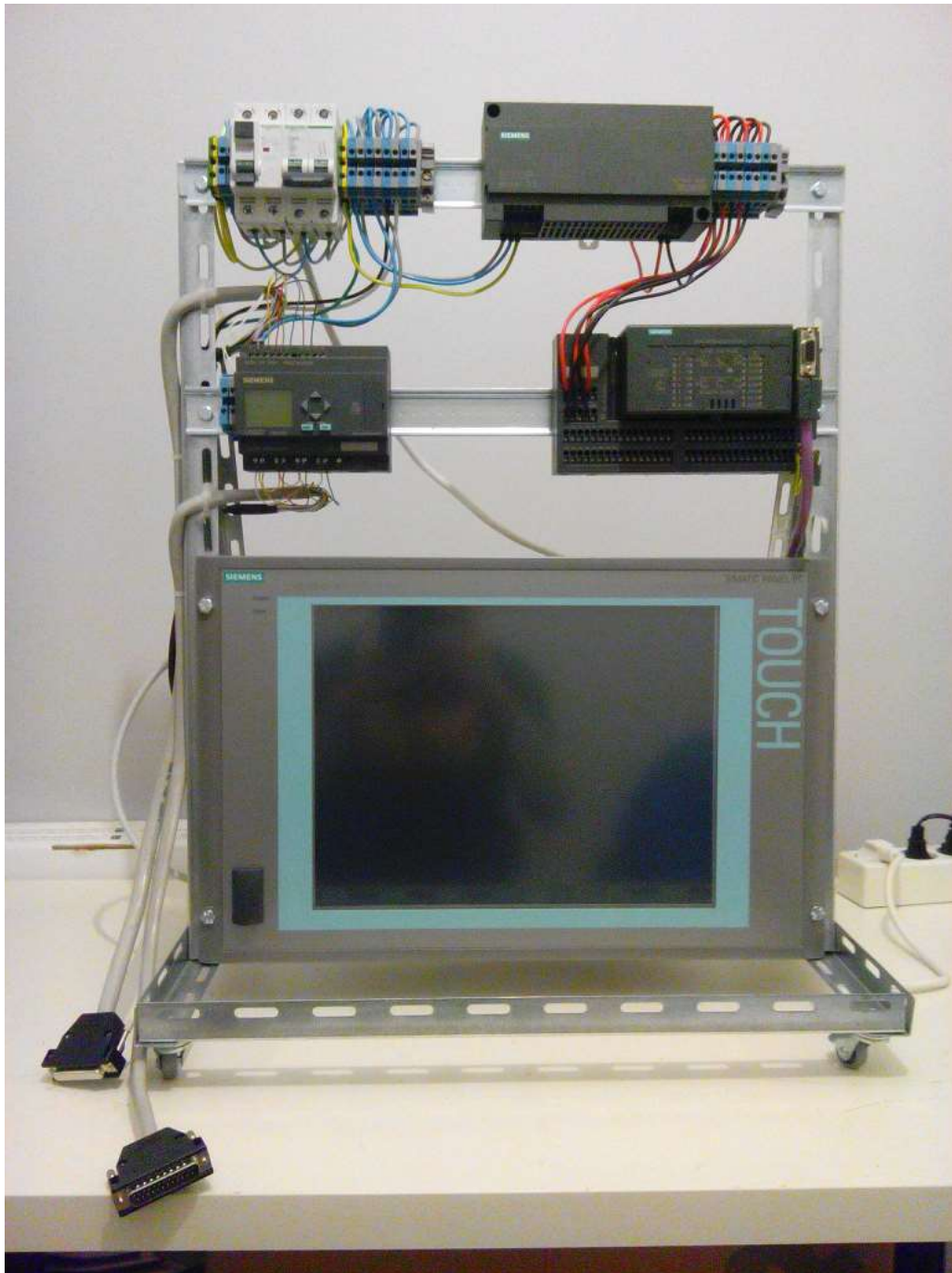


Figura 121: Prototipo: Bastidor montado y cableado.

Detalle de la soldadura y montaje de los conectores de 25 pines, Figura 122:



Figura 122: Prototipo: Montaje conectores DB25.

En este punto, se realizan unas pequeñas pruebas no del todo satisfactorias al no recibirse las entradas de la maqueta en el módulo Logo!.

Una revisión rápida de la hoja de características de éste (Tabla 30) permite reconocer el problema: Mientras que las salidas del Logo! 230RCE son de tipo relé, las entradas se disparan a partir de $85V_{AC}$ ó $100V_{DC}$. Y las señales de la maqueta son únicamente de $24V_{DC}$.

Se decide solventar el problema intercalando unos relés con bobina de $24V_{DC}$ y alimentando la entrada de los contactos normalmente abiertos con $220V_{AC}$ (Figura 123):

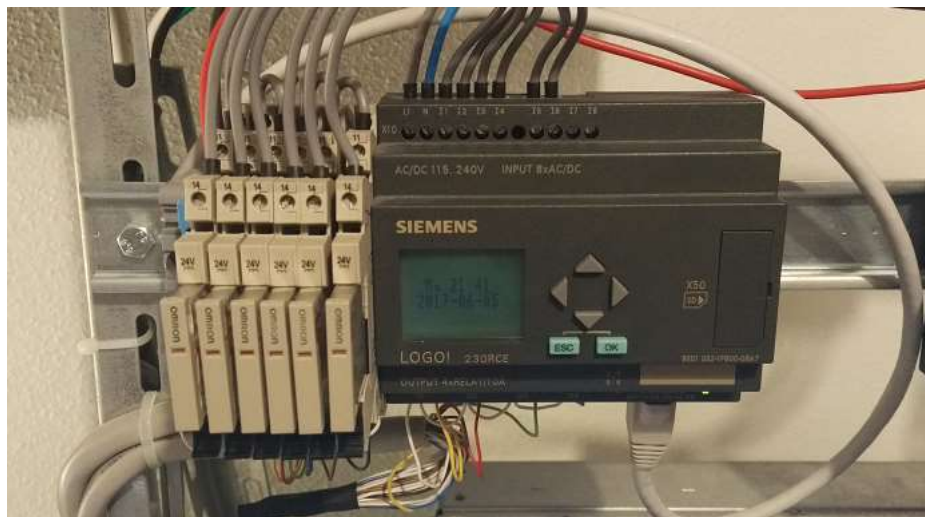


Figura 123: Prototipo: Instalación de relés de $24V_{DC}$.

6.3. Montaje final y esquema del prototipo.

Éste es el aspecto final del prototipo, una vez añadidos estos 6 relés y terminada la segunda parte del cableado, hacia las E/S descentralizadas (Figura 124).



Figura 124: Prototipo: Montaje final.

De esta forma, el Logo! puede conectarse, por medio de estos 2 conectores DB25, bien a la maqueta del Laboratorio, bien a las E/S descentralizadas que sirven de E/S del PLC software que simula la maqueta.

Para terminar, se muestra un esquema muy básico del montaje y cableado, como referencia (Figura 125). Se ha decidido no detallar el cableado porque complicaría excesivamente el esquema y no aporta mucho al documento.

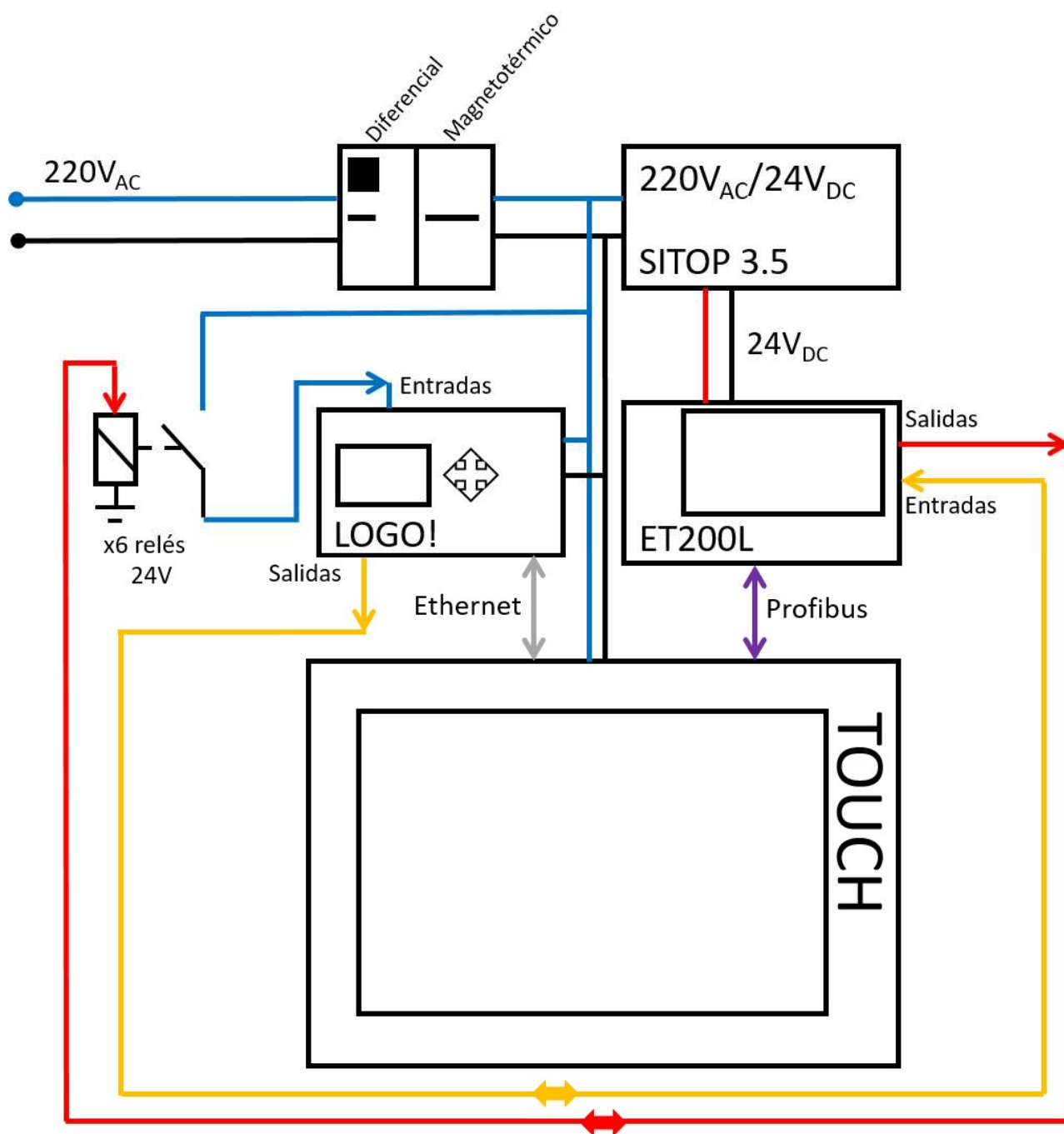


Figura 125: Prototipo: Esquema resumen.

6.4. Descripción de los programas.

En este apartado se muestran los programas que se han escrito para el control y simulación de la maqueta descrita en el apartado 4.5. Destacar que este Proyecto Fin de Carrera no es un proyecto dedicado a la programación, por lo que estos programas son lo suficientemente sencillos como para exponer la funcionalidad del hardware sin más, y por ello, en este aspecto, existe mucho margen de mejora.

6.4.1. Programa Logo!: Control de la maqueta.

El módulo Logo! controla la maqueta simplificando el servicio de un tren de pasajeros. La posición inicial es la parada “Nivel 1”, que corresponde al taller de mantenimiento.

Una vez terminados los trabajos de mantenimiento, se da la orden “Inicio”, que arranca el tren y le hace avanzar hasta la primera estación, “Nivel 2”.

Desde aquí, recorre todas las paradas, deteniéndose en todas ellas un tiempo determinado, hasta llegar a la última, “Nivel 6”, en la que invierte la marcha y realiza la misma operación, hasta llegar de nuevo a la primera estación, “Nivel 2”.

Ello lo repite 5 veces⁶, tras lo cual es necesario regresar el tren al taller de mantenimiento para realizar el mantenimiento programado.

En la Figura 126 se muestra un esquema aclaratorio del recorrido a realizar por el tren.

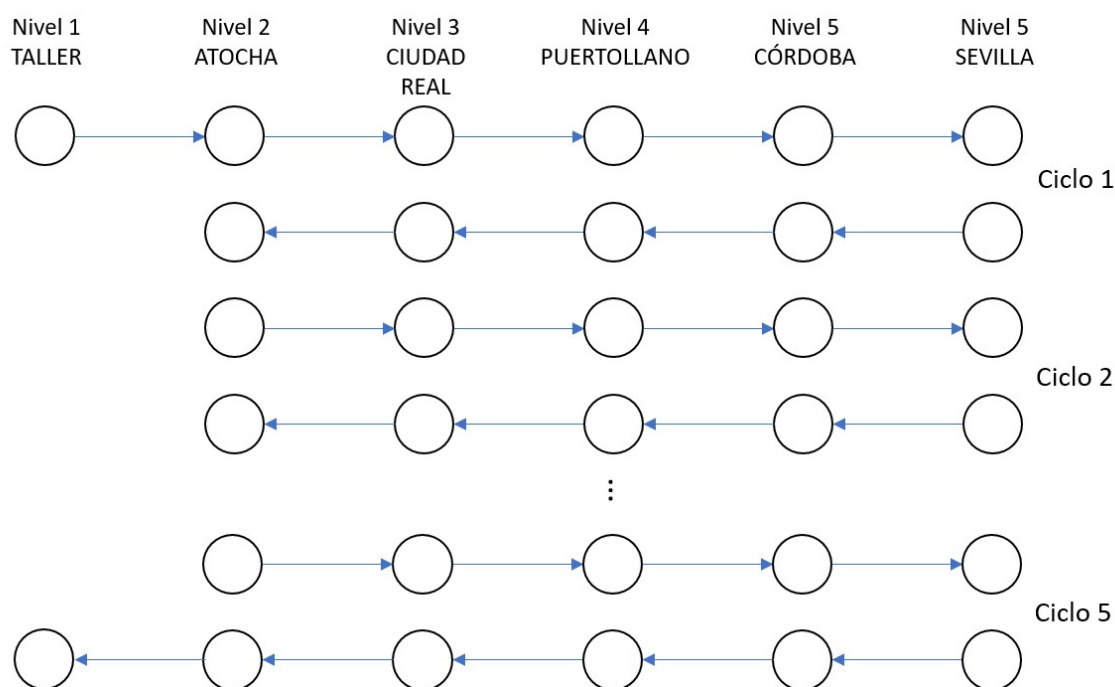


Figura 126: Maqueta: Movimientos programados.

⁶ Como curiosidad, se ha elegido este número basándose en el mantenimiento de un tren autopropulsado Alstom S-100, el cual originalmente realizaba la línea Madrid-Sevilla, en el que hay que hacer una revisión tipo ES (Examen de Servicio) cada 5000 km como máximo, lo cual equivale aproximadamente a 5 viajes ida y vuelta de Madrid a Sevilla (471 km). Contando los desplazamientos a taller (4 km) serían 4718 km entre mantenimientos.

A continuación, un posible flujograma de la anterior secuencia (Figura 127).

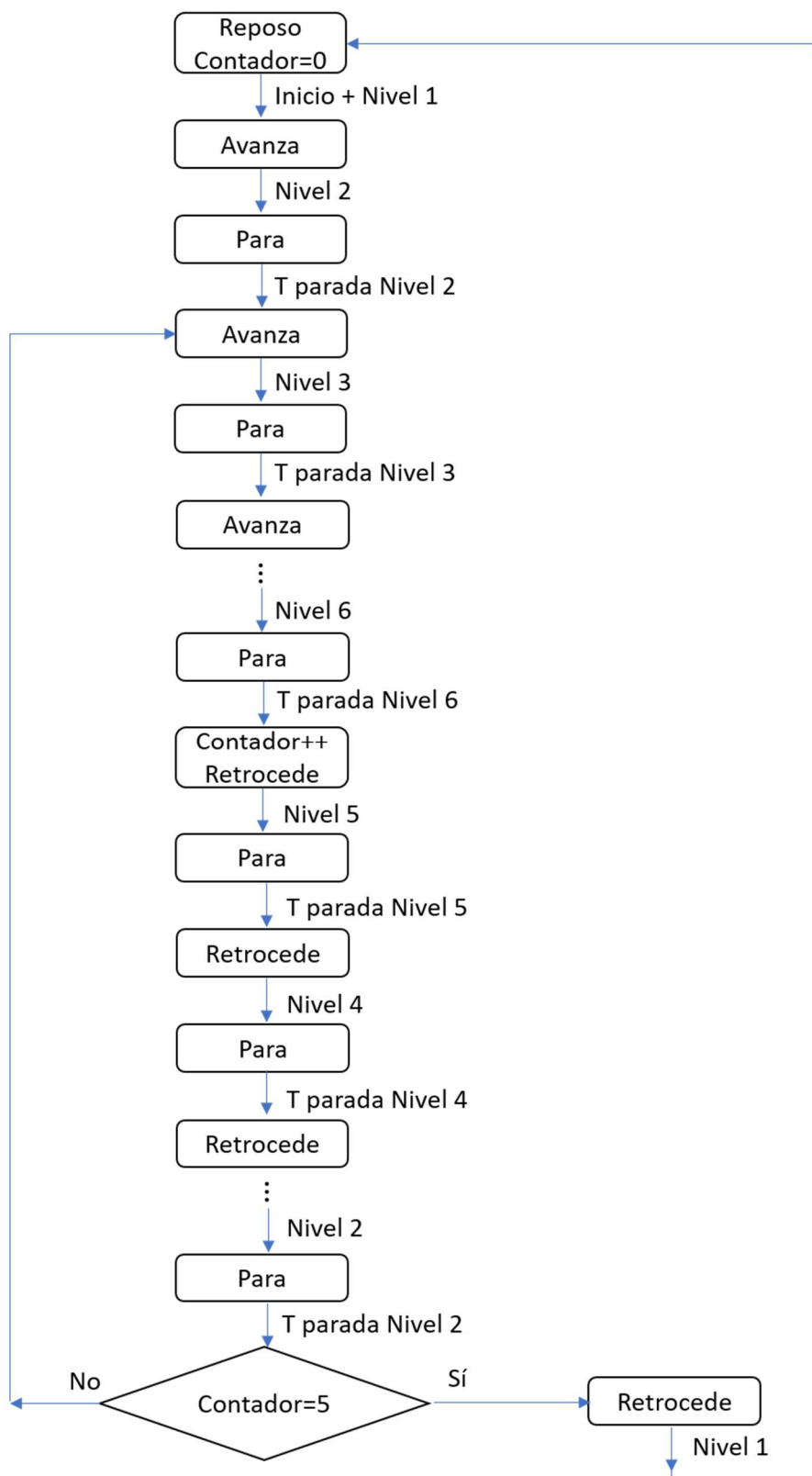


Figura 127: Flujograma programa Logo!.

Esta secuencia se ha programado mediante esquema de funciones (FUP) con el programa Logo!Soft Comfort. En los anexos se adjunta la impresión del código que genera el mismo Logo!Soft Comfort.

Sin entrar en detalles del programa su funcionamiento se resume a continuación:

- Existen 6 posiciones, Nivel 1 (taller), Nivel 2 a Nivel 6 (paradas).
- Hay un “contador” para ir de Nivel 2 a Nivel 6 y volver, 5 veces.
- Temporizadores individuales en cada parada.
- Se han programado las teclas hardware del Logo! "ESC+▲" como "Reset" (reinicio de condiciones iniciales) y "ESC+►" como inicio de ciclo (marcha).
- Se da preferencia a la marcha a la derecha (Avanza).
- Al llegar a Nivel 6 se cambia el sentido a izquierda (Retrocede).
- En Nivel 2 se comprueba el contador por si es necesario regresar a taller. En este caso, al llegar a taller, se vuelve a la posición de reposo hasta la próxima orden de inicio.

6.4.2. Programa PLC software WinLC RTX+ET200L: Simulador de maqueta.

Por otro lado, el PLC software (WinLC RTX) junto con las E/S descentralizadas ET200L, se encargan de simular el funcionamiento de la maqueta de trenes de vía simple del Laboratorio. Para ello, se ha programado un sencillo programa en STEP7. Se ha elegido KOP (esquema de contactos) para realizar este programa, simplemente por utilizar otro lenguaje al que se ha usado con el módulo Logo!.

A continuación se resume este funcionamiento. El programa se debe encargar de activar o desactivar las salidas correspondientes a los sensores de posición de las diferentes paradas. Al recibir una orden de marcha (avanzar o retroceder), se desactiva la salida correspondiente a la parada en cuestión y comienza una temporización (equivalente al tiempo de viaje) hasta activar la salida de la siguiente (o anterior) parada. Todos los temporizadores son independientes.

El código fuente se encuentra en los anexos.

En la siguiente página puede verse el flujograma del programa, Figura 128.

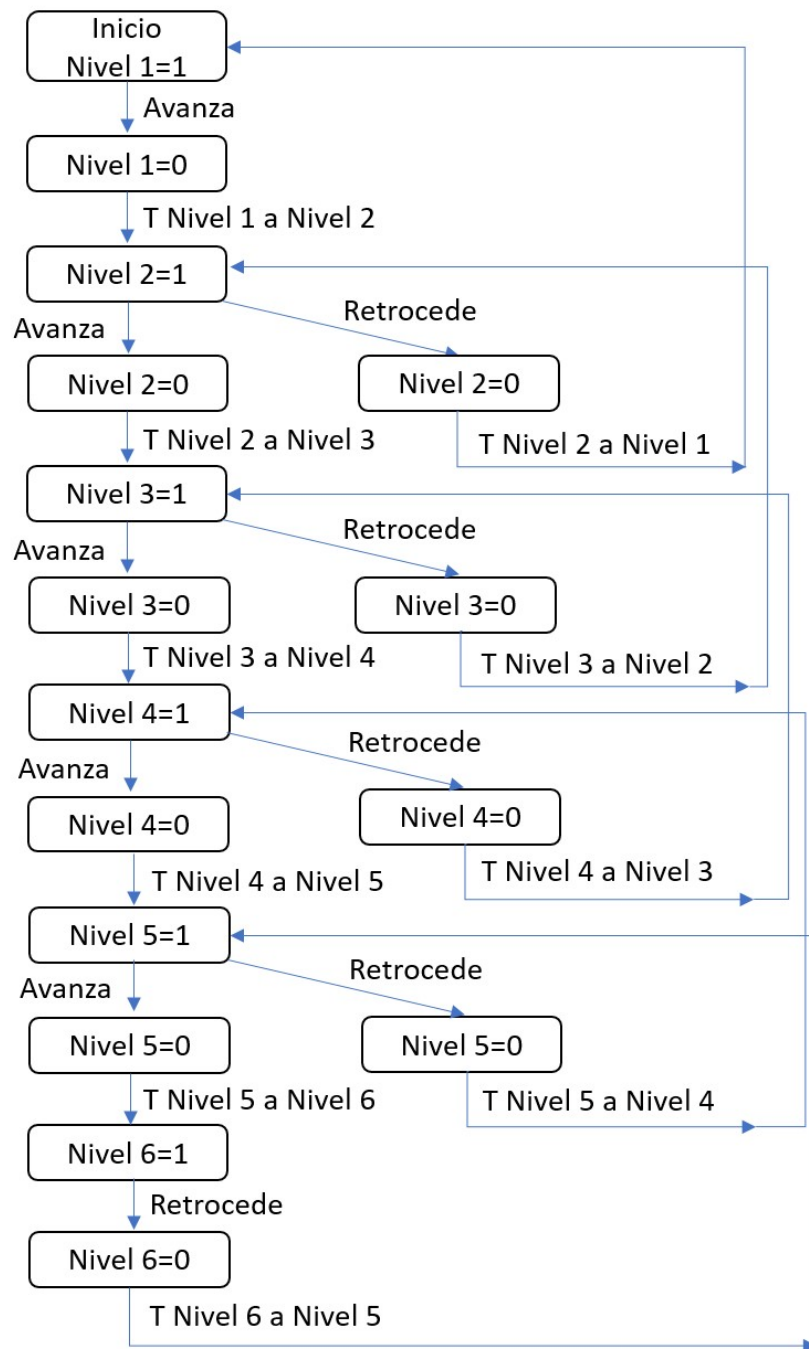


Figura 128: Flujograma programa WinLC RTX+ET200L.

6.5. Diseño del SCADA.

Se continúa creando un SCADA en el que se pueden realizar las siguientes acciones:

- Iniciar ciclo, siempre y cuando el tren se encuentre en su posición inicial (Taller).
- Visualizar el estado de los sensores de posición (círculos).
- Activar/desactivar manualmente el estado de estas salidas.
- Visualizar y modificar el tiempo de parada y el tiempo restante de parada para cada estación.
- Visualizar y modificar el contador de ciclos y su valor actual.
- Visualizar el sentido de marcha (avanza / retrocede).

Sin entrar en detalles de la configuración (carece de interés ya que únicamente se han utilizado accesos a las distintas variables del Logo! y PLC software tal y como se ha definido en el capítulo 5.3), el aspecto de este SCADA queda así (Figura 129):

LINEA ALTA VELOCIDAD MADRID-SEVILLA

	PK 0	PK 171	PK 210	PK 345	PK 471
TALLER	ATOCHA	CIUDAD REAL	PUERTOLLANO	CÓRDOBA	SEVILLA
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<input type="button" value="Cambiar estado"/>	<input type="button" value="Cambiar estado"/>	<input type="button" value="Cambiar estado"/>	<input type="button" value="Cambiar estado"/>	<input type="button" value="Cambiar estado"/>
Tiempo parada	5	5	5	5	5
Tiempo restante	0	0	0	0	0
<input type="button" value="Inicio ciclo"/>	<input type="text" value="Nº ciclos a realizar 5"/>				
<input type="radio"/>	<input type="text" value="Contador ciclos 1"/>				
<input type="button" value="SALIR"/>		<input type="button" value="Pantalla 1"/>			

Figura 129: SCADA: Situación inicial.

Además, se muestra un gráfico de un tren indicando la parada en la que se encuentra (dada por los sensores de posición). En el caso de que el PLC software se encuentre en ejecución y el tren se encuentre en un trayecto entre dos estaciones (dada por unas marcas del simulador de maqueta), también se muestra un gráfico del tren parpadeando entre las estaciones correspondientes.



Figura 130: SCADA: Iniciando ciclo, mostrando gráfico de tren.

Con ello, se termina el software del prototipo, el cual tiene un amplio margen de mejora tal y como se comenta en el apartado 7.2, Trabajos futuros.

6.6. Pruebas en Laboratorio.

Para finalizar, se ha tenido la oportunidad de conectar el prototipo físicamente con la maqueta de trenes de vía simple que se ha descrito en el apartado 4.5 y realizar varias pruebas para validar el programa escrito para el Logo! y la visualización SCADA. En estas pruebas, no es necesaria la ejecución del PLC software y por tanto permanece desconectado.

En la Figura 131, la maqueta se conecta al Logo! mediante los 2 conectores de 25 pines, ejecutando la visualización de pruebas de E/S.



Figura 131: Laboratorio: Conexión maqueta a prototipo.

Se comprueba que, situando el tren sobre las diferentes paradas, se van activando las distintas entradas del Logo!, excitándose los relés correspondientes.

A continuación, se sitúa el tren en la primera parada (nivel 1), Figura 132. Se inicia el ciclo del Logo!, corriendo la visualización que se diseñó en el apartado anterior (6.5). Inmediatamente, el tren se pone en movimiento y avanza hacia la siguiente parada según lo previsto, Figura 133.



Figura 132: Laboratorio: Tren en nivel 1.

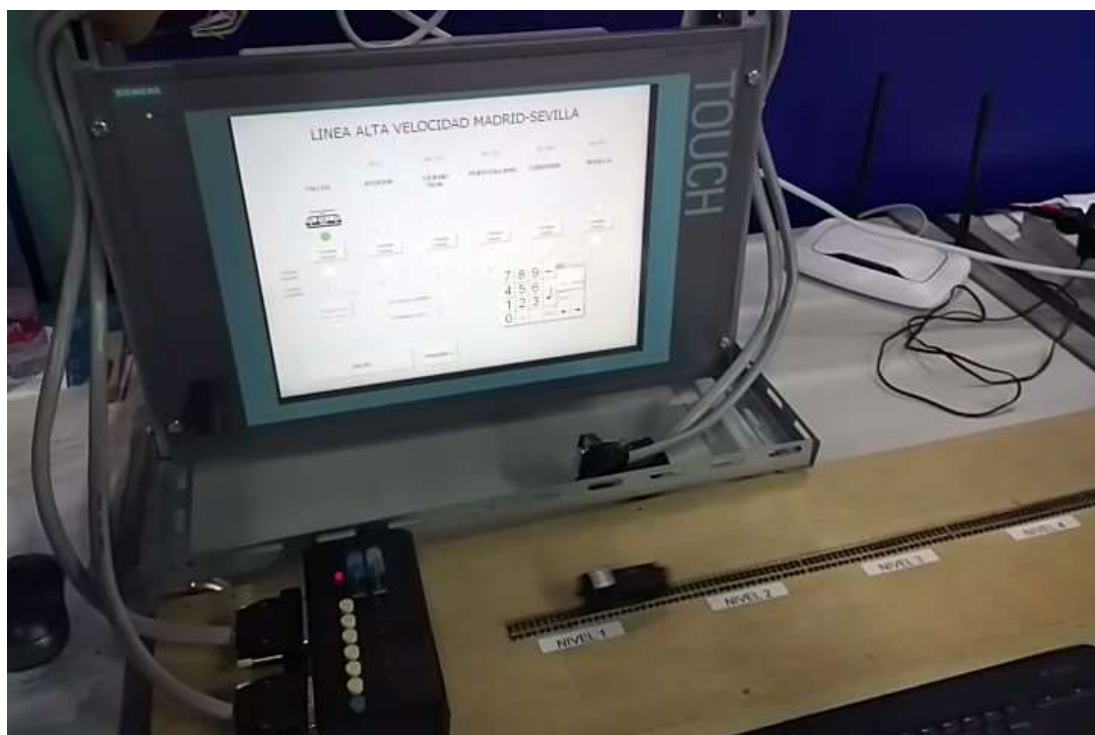


Figura 133: Laboratorio: Tren inicia la marcha.

El tren invierte la marcha cuando llega a la última posición según programa y el bucle realizado es correcto.

En pruebas posteriores, se verifica que es posible cambiar la temporización de las paradas y el número de ciclos en tiempo real a través el SCADA según se había programado.

Las pruebas son satisfactorias, sin más problemas que excepcionalmente algún rebote al pasar por alguna parada que obliga a empujar el tren hasta situarlo en la posición adecuada. Ello es posible corregirlo por software y se deja como una de las posibles mejoras en la programación.

7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1. Conclusiones.

Las conclusiones de este Proyecto Fin de Carrera son las siguientes:

- Se ha llevado a cabo el objetivo principal: diseñar, proceder al montaje y poner en marcha una plataforma con hardware industrial para su uso educativo en el Laboratorio del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.
- Para ello, se ha tenido éxito en los siguientes apartados: conectar entre sí el hardware seleccionado, configurar los diferentes softwares y programar los equipos. En referencia a la programación, ha sido posible utilizar distintos lenguajes, ya que tanto el Logo! como el PLC software brindan distintas posibilidades.
- Al no tratarse de un trabajo de programación como tal, ésta ha sido secundaria. Se ha optado por programas sencillos que mostraran la funcionalidad y versatilidad de los equipos. Se espera que los desarrollos futuros exploten estas posibilidades de programación.
- Una muestra de esta versatilidad ha sido la sencillez con la que se ha conexionado a una de las maquetas de prueba del Laboratorio para su control.

Como parte de las conclusiones, es interesante destacar una serie de aspectos que deberían ser tenidos en cuenta a la hora de continuar cualquier tipo de desarrollo con los equipos utilizados en este Proyecto:

- El módulo programable Logo! cumple con las expectativas siempre y cuando se tengan en cuenta sus limitaciones de velocidad de proceso, tamaño de programa y número de E/S. La interfaz Ethernet ofrece una posibilidad real de integrarlo en proyectos de automatización más grandes.
- El Panel PC táctil ofrece multitud de posibilidades:
 - El hardware es muy potente para su época. Es ciertamente utilizable a día de hoy.
 - La inclusión de un módulo de E/S descentralizadas le confiere la capacidad de ejecutar un potente PLC software en toda su plenitud.
 - La utilización del sistema operativo Windows hace que pueda ejecutar sin otras complicaciones las diferentes aplicaciones de programación directamente en el equipo.
 - El hecho de que el panel sea táctil abre multitud de posibilidades en cuanto a sus capacidades como SCADA.

7.2. Trabajos futuros.

Se concluye este Proyecto enumerando una serie de posibles trabajos futuros. Varios de ellos se refieren a explotar las posibilidades de programación de los equipos, según se acaba de comentar en el apartado anterior:

- Mejorar programas de Logo! y PLC software, haciéndolos más realistas, teniendo en cuenta más variables y siendo más resistentes a los rebotes producidos por las señales de los sensores.
- Mejorar interfaz del SCADA realizado con WinCC, añadiendo más animaciones y objetos que hagan más realista la visualización.
- Invertir la funcionalidad de los programas: Programar el control de maqueta en el PLC software y el simulador de maqueta en el Logo!.
- Ampliar este último programa para controlar la maqueta de trenes de vía doble del Laboratorio.
- Ampliar el módulo Logo! con un módulo de E/S para poder controlar la maqueta de trenes de vía doble.
- Conectar el prototipo a red (Internet) y comprobar el acceso remoto.
- Probar aplicación Logo! para smartphones.

REFERENCIAS

[1] <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=359024>

Autor: Markus Schweiß, fecha de última visualización 01/06/2017.

[2] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/be/Relay_room.jpg

Autor: Signalhead, fecha de última visualización 01/06/2017.

[3] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BMA_Automation_Allen_Bradley_PLC_3.JPG

Autor: Elmschrat, fecha de última visualización 01/06/2017.

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/HMS_Industrial_Networks

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

[5] <https://www.hms-networks.com/press/2017/02/20/industrial-ethernet-and-wireless-are-growing-fast-industrial-network-market-shares-2017-according-to-hms>

Autor: Thomas Carlsson, fecha de creación: 20/02/2017.

[6] <http://www.controlglobal.com>

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

[7] <https://www.arcweb.com>

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

[8] <http://www.controlglobal.com/articles/2016/positioned-for-recovery-top-50-automation-companies-of-2015/>

Autores: Larry O'Brien y Allen Avery, fecha de creación 17/10/16.

[9] <http://www.controlglobal.com/articles/2015/top-50-process-control-automation-suppliers/>

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

[10] <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10045207> y
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10045207>

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

[11] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/113440/profibus-gsd-files-%3A-et-200l?dti=0&dl=en&lc=es-ES>

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

[12] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/56348902/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-crear-un-enlace-entre-un-logo!-0ba7-y-un-panel-hmi-?dti=0&lc=es-WW>

Fecha de última visualización: 01/06/2017.

ANEXOS

A.1. Códigos fuente.

Dirección del módulo

Dirección IP: 192.168.1.15
Máscara de subred: 255.255.255.0
Pasarela:

Conexión1 (Servidor)

Propiedades locales(Servidor)
 TSAP 02.00 Conectar con un panel de operador (OP)
 Aceptar todas las solicitudes de conexión
 Propiedades remotas(Cliente)
 TSAP 02.00
 Intervalo Keep Alive: 0 Segundos

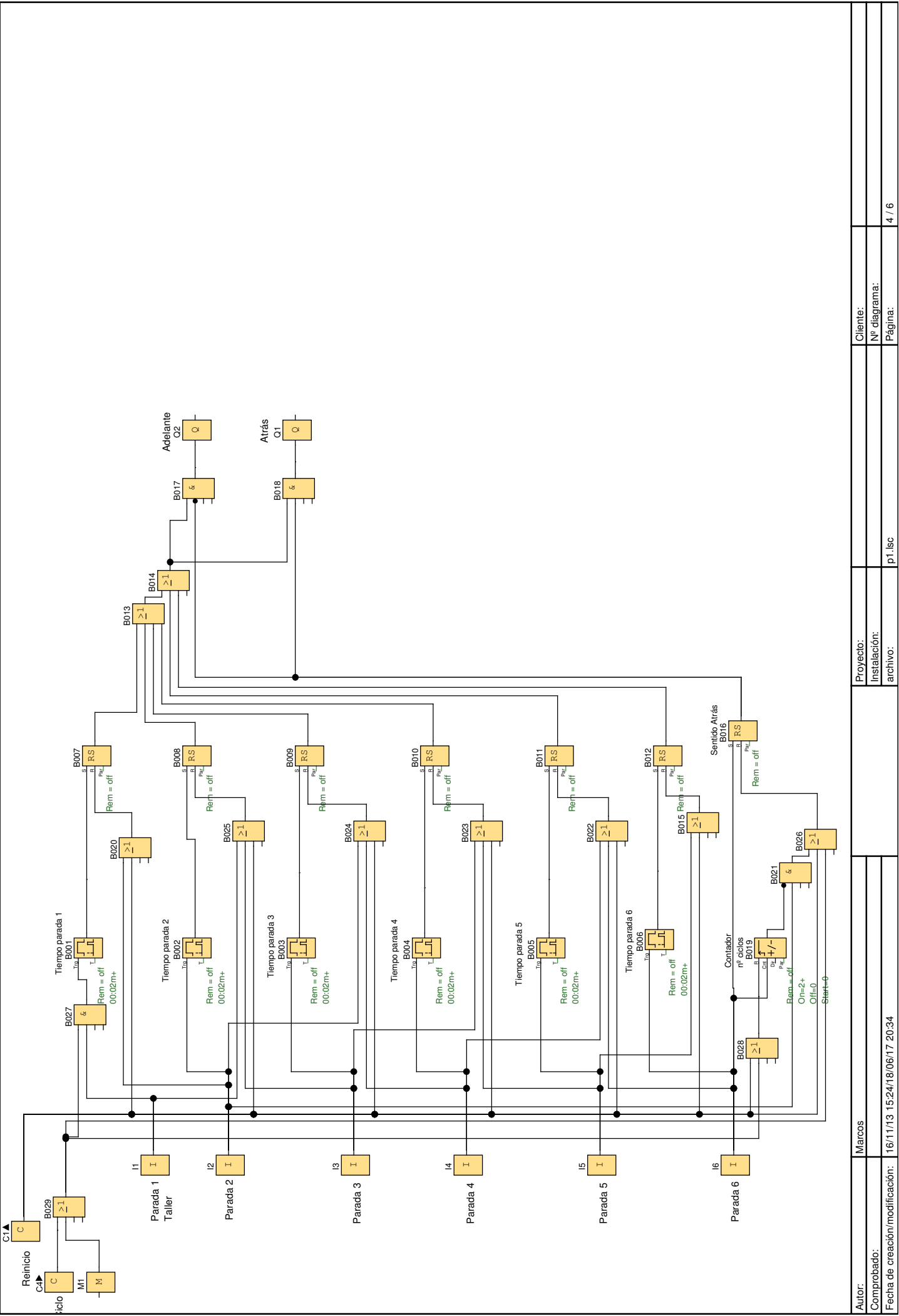
Autor:	Marcos	Proyecto:	Cliente:
Comprobado:		Instalación:	Nº diagrama:
Fecha de creación/modificación:	16/11/13 15:24/18/06/17 20:34	archivo:	p1.lsc Página: 1 / 6

Mapeando parámetro VM

ID	Bloque	Parámetro	Tipo	Dirección
1	B001 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	0
2	B001 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	2
3	B001 [Retardo a la conexión]	Tiempo restante	Word	4
4	B002 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	6
5	B002 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	8
6	B002 [Retardo a la conexión]	Tiempo restante	Word	10
7	B003 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	12
8	B003 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	14
9	B003 [Retardo a la conexión]	Tiempo restante	Word	16
10	B004 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	18
11	B004 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	20
12	B004 [Retardo a la conexión]	Tiempo restante	Word	22
13	B005 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	24
14	B005 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	26
15	B005 [Retardo a la conexión]	Tiempo restante	Word	28
16	B006 [Retardo a la conexión]	Valor actual	Word	30
17	B006 [Retardo a la conexión]	Retardo a la conexión	Word	32

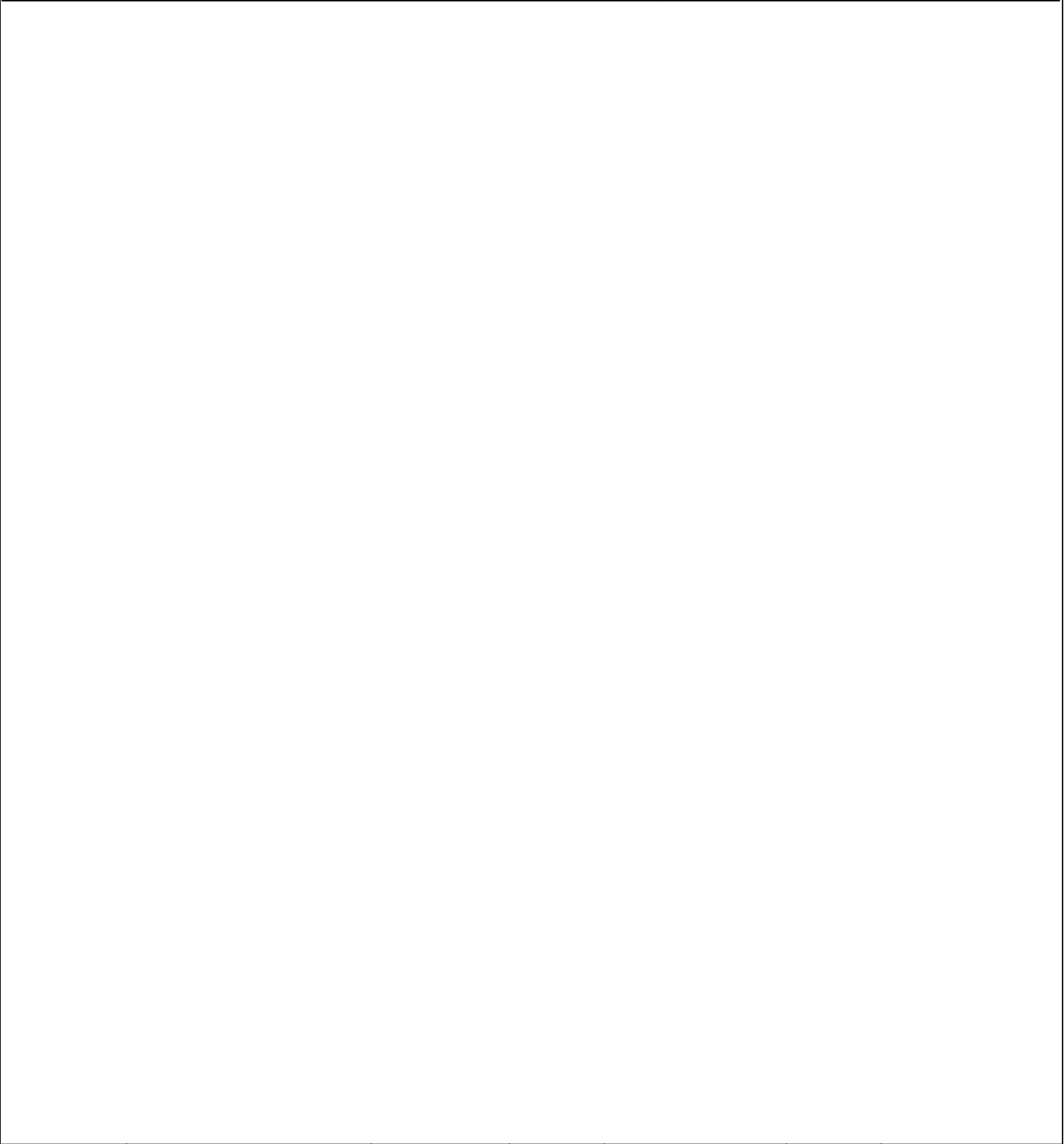
Mapeando parámetro VM

ID	Bloque	Parámetro	Tipo	Dirección
18	B006 [Retardo a la conexión]	Tiempo restante	Word	34
19	B019 [Contador adelante/atrás]	Contador	DWord	36
20	B019 [Contador adelante/atrás]	Límite de conexión	DWord	40



Número de bloque (tipo)			Parámetro				
B001(Retardo a la conexión) : Tiempo parada 1			Rem = off 00:02m+				
B002(Retardo a la conexión) : Tiempo parada 2			Rem = off 00:02m+				
B003(Retardo a la conexión) : Tiempo parada 3			Rem = off 00:02m+				
B004(Retardo a la conexión) : Tiempo parada 4			Rem = off 00:02m+				
B005(Retardo a la conexión) : Tiempo parada 5			Rem = off 00:02m+				
B006(Retardo a la conexión) : Tiempo parada 6			Rem = off 00:02m+				
B007(Relé autoenclavador) :			Rem = off				
B008(Relé autoenclavador) :			Rem = off				
B009(Relé autoenclavador) :			Rem = off				
B010(Relé autoenclavador) :			Rem = off				
B011(Relé autoenclavador) :			Rem = off				
B012(Relé autoenclavador) :			Rem = off				
B016(Relé autoenclavador) : Sentido Atrás			Rem = off				
B019(Contador adelante/atrás) : Contador n° ciclos			Rem = off On=2+ Off=0 Start=0				
C1▲(Tecla de cursor) : Reinicio							
C4►(Tecla de cursor) : Inicio Ciclo							
I1(Entrada) : Parada 1 Taller							
I2(Entrada) : Parada 2							
I3(Entrada) : Parada 3							
I4(Entrada) : Parada 4							
Autor:		Marcos		Proyecto:		Cliente:	
Comprobado:				Instalación:		Nº diagrama:	
Fecha de creación/modificación:		16/06/2013 15:24/18/06/17 20:34		archivo:		p1.lsc	
				Página:		5 / 6	

Número de bloque (tipo)	Parámetro
I5(Entrada) : Parada 5	
I6(Entrada) : Parada 6	
Q1(Salida) : Atrás	
Q2(Salida) : Adelante	



OB1 - <offline>

"CYCL_EXC" Cycle Execution

Nombre:

Familia:

Autor:

Versión: 0.1

Hora y fecha Código:

Versión del bloque: 2

Interface:

07/06/2017 01:21:34

Longitud (bloque / código / datos):

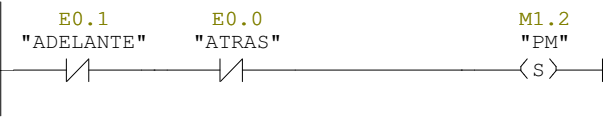
15/02/1996 16:51:12

00434 00252 00020

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Comentario
TEMP		0.0	
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0	Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
OB1_SCAN_1	Byte	1.0	1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)
OB1_PRIORITY	Byte	2.0	Priority of OB Execution
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0	1 (Organization block 1, OB1)
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0	Reserved for system
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0	Reserved for system
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0	Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0	Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0	Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0	Date and time OB1 started

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

Segm.: 1 Permiso de marcha



Segm.: 2 De P1 a P2



Segm.: 3 Lanzar Temporizador P1 a P2



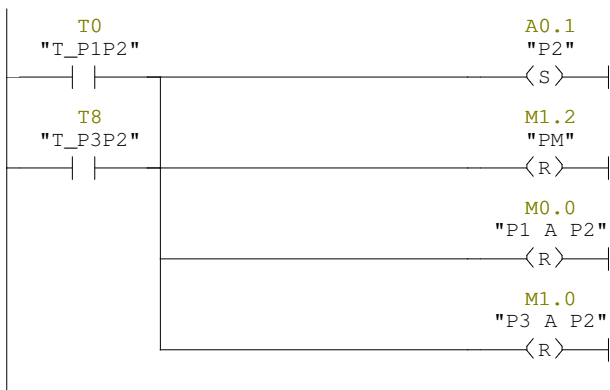
Segm.: 4 De P3 a P2



Segm.: 5 Lanzar Temporizador P3 a P2



Segm.: 6 Llegada a P2



Segm.: 7 De P2 a P3



Segm.: 8 Lanzar Temporizador P2 a P3



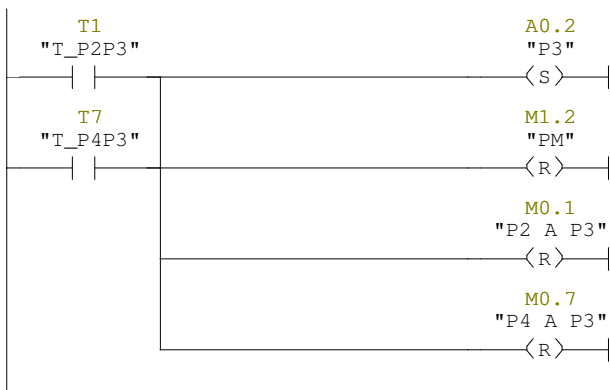
Segm.: 9 De P4 a P3



Segm.: 10 Lanzar Temporizador P4 a P3



Segm.: 11 Llegada a P3



Segm.: 12 De P3 a P4



Segm.: 13 Lanzar Temporizador P3 a P4



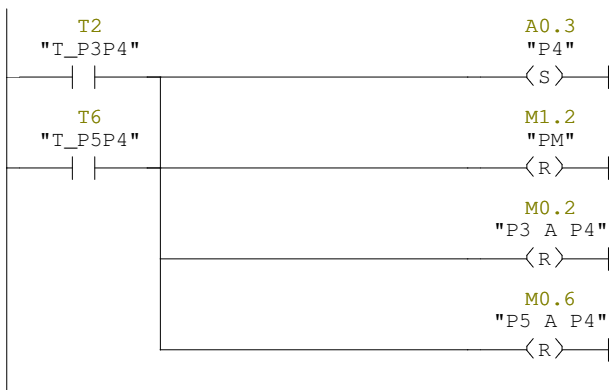
Segm.: 14 De P5 a P4



Segm.: 15 Lanzar Temporizador P5 a P4



Segm.: 16 Llegada a P4



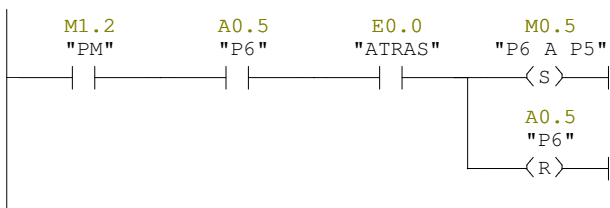
Segm.: 17 De P4 a P5



Segm.: 18 Lanzar Temporizador P4 a P5



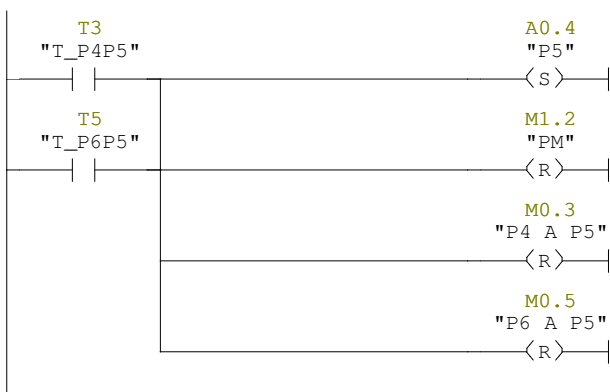
Segm.: 19 De P6 a P5



Segm.: 20 Lanzar Temporizador P6 a P5



Segm.: 21 Llegada a P5



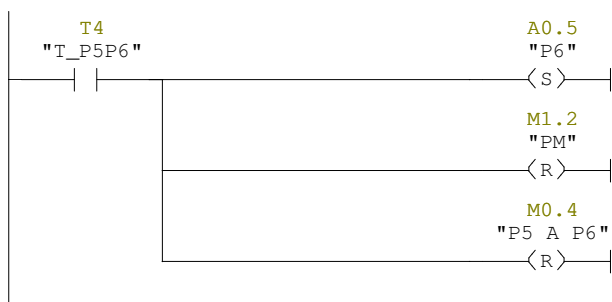
Segm.: 22 De P5 a P6



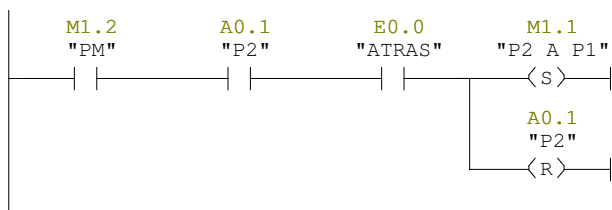
Segm.: 23 Lanzar Temporizador P5 a P6



Segm.: 24 Llegada a P6



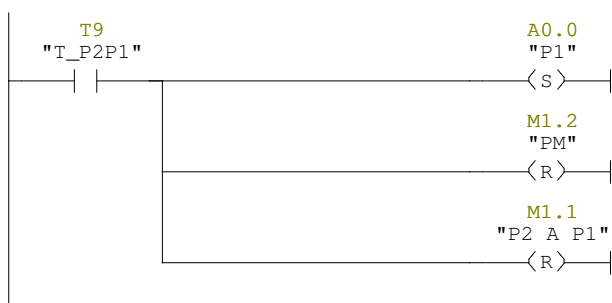
Segm.: 25 De P2 a P1



Segm.: 26 Lanzar Temporizador P2 a P1



Segm.: 27 Llegada a P1



A.2. Hojas de características.

SPARE PART LOGO!230RCE,LOGIC MODULE,DISPL.
PU/I/O: 115V/230V/RELAY, 8 DI/4 DO, MEM. 400 BLOCKS,
EXPANDABLE WITH EXTRA MODULES, 230V AC/DC, ETHERNET



Display	
with display	Yes
Installation type/mounting	
Mounting	on 35mm DIN rail, 6 spacing units wide
Supply voltage	
Rated value (DC)	
• 115 V DC	Yes
• 230 V DC	Yes
permissible range, lower limit (DC)	100 V
permissible range, upper limit (DC)	253 V
Rated value (AC)	
• 115 V AC	Yes
• 230 V AC	Yes
Line frequency	
• permissible range, lower limit	47 Hz
• permissible range, upper limit	63 Hz
Time of day	

Time switching clocks	
• Number	333
• Power reserve	480 h
Digital inputs	
Number of digital inputs	8
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; Relays
Short-circuit protection	No; external fusing necessary
Relay outputs	
Switching capacity of contacts	
— with inductive load, max.	3 A
— with resistive load, max.	10 A
EMC	
Emission of radio interference acc. to EN 55 011	
• Limit class B, for use in residential areas	Yes; Radio interference suppression according to EN55011, Limit Value Class B
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	
• IP20	Yes
Standards, approvals, certificates	
CE mark	Yes
CSA approval	Yes
UL approval	Yes
FM approval	Yes
developed in accordance with IEC 61131	Yes
according to VDE 0631	Yes
Marine approval	Yes
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• min.	0 °C
• max.	55 °C
Dimensions	
Width	107 mm
Height	90 mm
Depth	55 mm
last modified:	06/22/2017

6AV780

SIMATIC Panel PC 677

Technical data	
General features	
Processor	Intel Pentium M Technology (2nd Generation); Intel Celeron M 370, 1.5 GHz, 400 MHz FSB, 1MB SLC; Intel Pentium M 730, 1.6 GHz, 533 MHz FSB, 2MB SLC; Intel Pentium M 760, 2.0 GHz, 533 MHz FSB, 2MB SLC
Memory type	DDR2-533
Main memory	256 MB to 2 GB
Free slots	2x PCI (slots with board retainer), 1x slot for Compact Flash Card
Operating system	Windows 2000 Prof. (Multi Language), Windows XP Prof. (Multi Language), opt. without operating system
Additional info on operating system	Multi Language: DE, EN, IT, FR, SP, KOR, CHN (Traditional), CHN (Simplified), JPN
SIMATIC Software	Optionally in package with SIMATIC WinCC or WinCC flexible
Drives	
Diskette drive	optional: via external USB diskette drive
Optical drives	optional: DVD-ROM or DVD±R±RW combi-drive; on rear, can be operated from side
Hard disk/Mass storage	3.5" SATA-RAID hard disk e 40 GB, optional e 80 GB, optional: 2x 2.5" SATA hard disk module(e 60GB). RAID1 controller on board. All drives with vibration-resistant mountings.
interfaces	
Graphics interface	DVI-I usable for additional display unit (VGA via adapter); color depth 32 bit., 8-128 MB Shared Memory
Connection for keyboard/mouse	USB / USB
Parallel interface	optional: via PCI card
serial interface	COM1: 1 x V.24 (RS232)
PROFIBUS/MPI	onboard, isolated, max. 12 Mbit/s, no plug-in card necessary, CP5611-compatible
USB	1x at front, 4x at rear, USB 2.0 (500mA)
Ethernet	onboard, 2 x 10/100 Mbps, RJ-45, no plug-in card necessary
Multimedia	no
Supply voltage	
Supply voltage	110 V / 230 V AC (autorange) 50/60 Hz; optional 24 V DC
Monitoring functions	
Temperature	Yes
Watchdog	Yes
Status LEDs	Power, temperature (on front panel)
Degree of protection	
Front to EN 60529	IP65 (on front) to EN60529 and NEMA4
Ambient conditions	
Vibration load in operation	Tested to DIN IEC 68-2-6: 10 to 58 Hz: 0.075 mm, 58 to 200 Hz: 9.8 m/s2 (1 g)
Shock loading in operation	Tested to DIN IEC 68-2-29: 50 m/s2 (5g), 30 ms, 100 shocks
Relative humidity	Tested to DIN IEC 68-2-3, DIN IEC 68-2-30, DIN IEC 68-2-56: 5% to 80% at 25 °C (no condensation)
Ambient temperature in operation	In full configuration: +5°C to +45°C or +5°C to +50°C in installation space, if at front max. 40°C
Certifications & Standards	
Approval	CE, CULus (508)
EMC	CE, EN 55011, EN 61000-6-4, EN 61000-6-2

Last changes: 01/23/2015

SPARE PART SIMATIC DP, ELECTRONIC BLOCK FOR ET
200L, 16 DI/16 DO, 24V DC/0.5 A



Figure similar

Supply voltage	
Rated value (DC)	24 V
Reverse polarity protection	Yes
Mains buffering	
• Mains/voltage failure stored energy time	20 ms
Load voltage L+	
• Rated value (DC)	24 V; 1L+, 2L+, 3L+
Input current	
from supply voltage L+, max.	70 mA; L4+ / L5+
from load voltage L+ (without load), max.	50 mA
Power loss	
Power loss, typ.	5 W
Hardware configuration	
Rack	
• required terminal block	TB 32L
Digital inputs	

Number of digital inputs	16
Input characteristic curve in accordance with IEC 61131, type 1	Yes
Number of simultaneously controllable inputs	
• Number of simultaneously controllable inputs	16
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "0"	-30 to +5V
• for signal "1"	13 to 30V
Input current	
• for signal "0", max. (permissible quiescent current)	1.5 mA
• for signal "1", typ.	5 mA
Input delay (for rated value of input voltage)	
for standard inputs	
— at "0" to "1", min.	2 ms
— at "0" to "1", max.	4.5 ms
— at "1" to "0", min.	2 ms
— at "1" to "0", max.	4.5 ms
Cable length	
• shielded, max.	1 000 m
• unshielded, max.	600 m
Digital outputs	
Number of digital outputs	16
Short-circuit protection	Yes
• Response threshold, typ.	0.7 A
Limitation of inductive shutdown voltage to	Typ. (L1+ or L2+ / L3+) -55 V
Controlling a digital input	Yes
Switching capacity of the outputs	
• on lamp load, max.	5 W
Load resistance range	
• lower limit	41 Ω
• upper limit	28 k Ω
Output voltage	
• Rated value (DC)	24 V
• for signal "1", min.	Ua - 3 V
Output current	
• for signal "1" permissible range, min.	1 mA
• for signal "1" permissible range, max.	0.5 A
• for signal "0" residual current, max.	1 mA
Output delay with resistive load	
• "0" to "1", max.	50 μ s

• "1" to "0", max.	200 µs
Parallel switching of two outputs	
• for uprating	No
• for redundant control of a load	Yes
Switching frequency	
• with resistive load, max.	100 Hz
• with inductive load, max.	0.5 Hz
• on lamp load, max.	8 Hz
Total current of the outputs (per group)	
horizontal installation	
— up to 30 °C, max.	4 A
— up to 40 °C, max.	3 A
— up to 60 °C, max.	2 A
all other mounting positions	
— up to 40 °C, max.	2 A
Cable length	
• shielded, max.	1 000 m
• unshielded, max.	600 m
Encoder	
Connectable encoders	
• 2-wire sensor	Yes
Interfaces	
PROFIBUS DP	
• Transmission rate, max.	1.5 Mbit/s
• SYNC capability	Yes
• FREEZE capability	Yes
• Direct data exchange (slave-to-slave communication)	Yes; Transmitter (for digital outputs and hybrid modules ET 200L: not for L-SC or IM-SC)
Protocols	
Bus protocol/transmission protocol	PROFIBUS DP
Interrupts/diagnostics/status information	
Alarms	No
Diagnostic functions	Yes
Diagnostics indication LED	
• Bus fault BF (red)	Yes
• Status indicator digital input (green)	Yes
• Status indicator digital output (green)	Yes
• Monitoring 24 V voltage supply ON (green)	Yes
Potential separation	

between PROFIBUS DP and all other circuit components	Yes
Potential separation digital inputs	
• between the channels	No
• between the channels and PROFIBUS DP	Yes
Potential separation digital outputs	
• between the channels	No
• between the channels and PROFIBUS DP	Yes
Isolation	
Isolation tested with	500 V DC
Degree and class of protection	
Degree of protection acc. to EN 60529	IP20
Ambient conditions	
Ambient temperature during operation	
• horizontal installation, min.	0 °C
• horizontal installation, max.	60 °C; 40°C for other mountings
Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	
• permissible range, lower limit	795 hPa
• permissible range, upper limit	1 080 hPa
Relative humidity	
• Operation, min.	5 %
• Operation, max.	95 %; RH class 2 in accordance with IEC 1131-2
Vibrations	
• Operation, tested according to IEC 60068-2-6	Yes; IEC 68, Part 2-6; 10 to 57 Hz; (constant amplitude 0.075 mm); 57 to 150 Hz; (constant acceleration 1 g)
Shock test	
• tested according to IEC 60068-2-27	Yes; IEC 68, Part 2-27; half-sine, 15 g, 11 ms
Connection method	
Design of electrical connection for the inputs and outputs	Screw-type and spring-loaded terminals, permanent wiring; standard: 2-wire connection, optional: 3 and 4-wire connection
Dimensions	
Width	145 mm
Height	60 mm
Depth	60.5 mm
Weights	
Weight, approx.	130 g
last modified:	06/22/2017

SITOP POWER 24 V/3.5 A FOR S7-200
SITOP power 3.5, universal line stabilized power supply input:
120/230 V AC output: 24 V DC/3.5 A S7-200 design



Input	
Input	1-phase AC
Supply voltage	
• 1 at AC Rated value	120 V
• 2 at AC Rated value	230 V
• Note	Set via wire jumper
Input voltage	
• 1 at AC	93 ... 132 V
• 2 at AC	187 ... 264 V
Wide-range input	No
Overvoltage resistance	2.3 × Vin rated, 1.3 ms
Mains buffering at lout rated, min.	20 ms; at Vin = 187 V
Rated line frequency 1	50 Hz
Rated line frequency 2	60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current	
• at rated input voltage 120 V	1.65 A
• at rated input voltage 230 V	0.95 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	33 A

Duration of inrush current limiting at 25 °C	
• maximum	3 ms
I^2t , max.	1 A ² ·s
Built-in incoming fuse	T 2.5 A/250 V (not accessible)
Protection in the mains power input (IEC 898)	Recommended: 2-pole miniature circuit breaker from 10 A characteristic C or from 6 A characteristic D

Output	
Output	Controlled, isolated DC voltage
Rated voltage V_{out} DC	24 V
Total tolerance, static \pm	5 %
Static mains compensation, approx.	0.1 %
Static load balancing, approx.	0.2 %
Residual ripple peak-peak, max.	150 mV
Residual ripple peak-peak, typ.	30 mV
Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)	240 mV
Spikes peak-peak, typ. (bandwidth: 20 MHz)	110 mV
Product function Output voltage adjustable	No
Output voltage setting	-
Status display	-
On/off behavior	No overshoot of V_{out} (soft start)
Startup delay, max.	1 s
Voltage rise, typ.	80 ms
Rated current value I_{out} rated	3.5 A
Current range	0 ... 3.5 A
Supplied active power typical	84 W
Short-term overload current	
• on short-circuiting during the start-up typical	5 A
• at short-circuit during operation typical	5 A
Duration of overloading capability for excess current	
• on short-circuiting during the start-up	100 ms
• at short-circuit during operation	100 ms
Parallel switching for enhanced performance	Yes
Numbers of parallel switchable units for enhanced performance	5

Efficiency	
Efficiency at V_{out} rated, I_{out} rated, approx.	84 %
Power loss at V_{out} rated, I_{out} rated, approx.	16 W

Closed-loop control	
Dynamic mains compensation (V_{in} rated ± 15 %), max.	0.3 %
Dynamic load smoothing (I_{out} : 50/100/50 %), $U_{out} \pm$ typ.	3 %

Setting time maximum	5 ms
Protection and monitoring	
Output overvoltage protection	Yes, according to EN 60950-1
Current limitation, typ.	3.8 A
Property of the output Short-circuit proof	Yes
Short-circuit protection	Constant current characteristic up to typ. 14 V, electronic shutdown below that, automatic restart
Enduring short circuit current RMS value	
• maximum	4 A
Overload/short-circuit indicator	-
Safety	
Primary/secondary isolation	Yes
Galvanic isolation	Safety extra low output voltage V_{out} according to EN 60950-1
Protection class	Class I
Leakage current	
• maximum	3.5 mA
CE mark	Yes
UL/cUL (CSA) approval	cULus-Listed (UL 508, CSA C22.2 No. 142), File E143289
Explosion protection	-
FM approval	-
CB approval	No
Marine approval	-
Degree of protection (EN 60529)	IP20
EMC	
Emitted interference	EN 55022 Class B
Supply harmonics limitation	EN 61000-3-2
Noise immunity	EN 61000-6-2
Operating data	
Ambient temperature	
• during operation	0 ... 60 °C
— Note	with natural convection
• during transport	-40 ... +85 °C
• during storage	-40 ... +85 °C
Humidity class according to EN 60721	Climate class 3K3, no condensation
Mechanics	
Connection technology	screw-type terminals
Connections	
• Supply input	L, N, PE: 1 screw terminal each for 0.5 ... 1.5 mm ² single-core/finely stranded
• Output	L+: 1 screw terminal for 0.5 ... 1 mm ² ; M: 2 screw terminals for 0.5 ... 1 mm ²

• Auxiliary	-
Width of the enclosure	160 mm
Height of the enclosure	80 mm
Depth of the enclosure	62 mm
Required spacing	
• top	100 mm
• bottom	100 mm
• left	0 mm
• right	0 mm
Weight, approx.	0.5 kg
Product feature of the enclosure housing for side-by-side mounting	Yes
Installation	Snaps onto DIN rail EN 60715 35x7.5/15, wall mounting
MTBF at 40 °C	714 286 h
Other information	Specifications at rated input voltage and ambient temperature +25 °C (unless otherwise specified)



Principal

Tipo de producto o componente	Residual current circuit breaker (RCCB)
Nombre corto del dispositivo	ID RCCB
Número de polos	2P
Posición de neutro	Izquierda
Intensidad nominal (In)	25 A
Tipo de red	CA
Sensibilidad ante fugas a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Clase AC
Poder de corte y de cierre nominal	Im 1500 A de acuerdo con IEC 61008
Intensidad de cortocircuito condicional	I _{nc} 10 kA 25 A
Categoría de utilización	AC-23A de acuerdo con IEC 60947-3

Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] tensión de funcionamiento nominal	230 V
[Ui] tensión nominal de aislamiento	440 V de acuerdo con IEC 60947-3
[Uimp] tensión nominal soportada al impulso	6 kV de acuerdo con IEC 60947-3
Pasos de 9 mm	4
Peso del producto	0,23 kg
Color	Gris
Endurancia mecánica	20000 ciclos
Preparado para candado	Con candado
Conexiones - terminales	Terminales de tipo túnel 35 mm ² Flexible Terminales de tipo túnel 50 mm ² rígido

Entorno

Normas	IEC 60947-3 IEC 61008 IEC 60947-1
Tropicalización	2
Humedad relativa	95 % (55 °C)
Temperatura ambiente de trabajo	-5...40 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...60 °C

Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

Ficha de produto

Características

24987

miniature circuit breaker - C60H - 2 poles - 16 A - C curve



Main

Circuit breaker application	Distribution
Range of product	C60
Device short name	C60H
Poles description	1P + N
Number of protected poles	1
Neutral position	Left
Network type	AC
Trip unit technology	Thermal-magnetic
Curve code	C
Suitability for isolation	Yes IEC 60947-2

Complementary

[In] rated current	16 A 30 °C
Network frequency	50/60 Hz
[Ue] rated operational voltage	440 V AC 50/60 Hz
Magnetic tripping limit	5...10 x In
Breaking capacity	10 kA Icu IEC 60947-2 440 V AC 50/60 Hz 15 kA Icu IEC 60947-2 400...415 V AC 50/60 Hz 25 kA Icu IEC 60947-2 125 V DC 2P 30 kA Icu IEC 60947-2 230...240 V AC 50/60 Hz
[Ics] rated service breaking capacity	5 kA IEC 60947-2 AC 50/60 Hz 7,5 kA IEC 60947-2 AC 50/60 Hz 15 kA IEC 60947-2 440 V AC 50/60 Hz
Limitation class	3 IEC 60947-2
[Ui] rated insulation voltage	500 V AC 50/60 Hz IEC 60947-2
[Uimp] rated impulse withstand voltage	6 kV IEC 60947-2
Contact position indicator	Yes
Control type	Toggle
Local signalling	Positive break indication
Mounting mode	Fixed
Mounting support	35 mm symmetrical DIN rail
Comb busbar distribution block compatibility	YES
9 mm pitches	4
Height	81 mm
Width	36 mm
Depth	73 mm
Product weight	0,24 kg
Mechanical durability	20000 cycles
Connections - terminals	Tunnel type terminals 16 mm² flexible Tunnel type terminals 25 mm² rigid
Wire stripping length	14 mm
Tightening torque	2 N.m

Environment

Tropicalisation	2 IEC 60068-1
Relative humidity	95 % 55 °C
Operating altitude	2000 m

Ambient air temperature for operation	-25...60 °C
Ambient air temperature for storage	-40...70 °C
RoHS EUR conformity date	0643
RoHS EUR status	Compliant

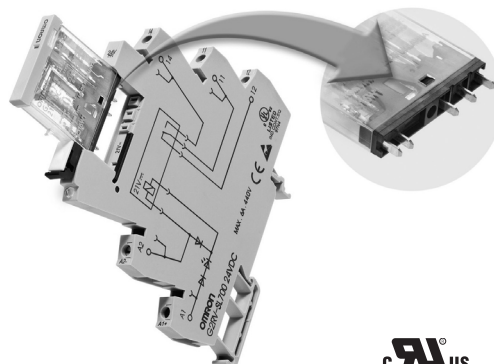
Garantia contractual

Período	18 meses
---------	----------

Slim Relay G2RV

Industrial Slim Relay Rated at 6 Amps

- Large plug-in terminals for reliable connection.
- LED indicator, clear case, and mechanical flag allows easy and immediate visual operation verification.
- Has a maximum switching voltage of 440 VAC.
- Slim outline to save space in high volume rack and PLC applications.
- Low power consumption for system energy savings.



Model Number Structure

Model Number Legend

G2RV-SL -
1 2 3 4 5

1. Auxiliary Type Designation

SL: Slim relay and socket combination

2. Wire Connection

- 7: Screw terminals
5: Push-in terminals

3. Relay LED

0: Without LED

4. Relay Pushbutton

0: Without pushbutton

5. Input Voltage

(Complete part numbers listed in the Relay and Socket Combinations Chart below)

Note: LED indicator standard feature on Socket.

Ordering Information

List of Models

Classification		Enclosure rating	Input voltage	Type of connection	Contact form
					SPDT
Plug-in terminals	General-purpose	Unsealed	AC/DC	Screw terminals	G2RV-SL700
				Push-in terminals	G2RV-SL500

Relay and Socket Combinations

Input voltage	Screw terminals	Push-in terminals
12 VDC	G2RV-SL700-DC12(DC11)	G2RV-SL500-DC12(DC11)
24 VDC	G2RV-SL700-DC24(DC21)	G2RV-SL500-DC24(DC21)
24 VAC/DC	G2RV-SL700-AC/DC24	G2RV-SL500-AC/DC24
48 VAC/DC	G2RV-SL700-AC/DC48	G2RV-SL500-AC/DC48
110 VAC	G2RV-SL700-AC110	G2RV-SL500-AC110
230 VAC	G2RV-SL700-AC230	G2RV-SL500-AC230



Note: Relay and Socket Combinations are cUL_{us} listed.

Specifications

■ Coil Ratings @ 23°C

Rated voltage	Rated current		Operate voltage	Release voltage	Power consumption		Input voltage	
	AC		DC	% of rated voltage		AC (VA) Approx.	DC (mW) Approx.	% of rated voltage
	50 Hz	60 Hz						
12 VDC	---	---	27.2	80% max.	10% min.	---	300 mW	±10%
24 VDC	---	---	13.3			---	300 mW	
24 VAC/DC	21.1	22.5	13.0			0.5 VA	300 mW	
48 VAC/DC	8.5	9.0	5.2			0.4 VA	250 mW	
110 VAC	7.1	7.5	---			0.8 VA	---	
230 VAC	7.3	7.9	---			1.7 VA	---	

■ Contact Ratings

Number of poles	1 pole	
Load	Resistive load ($\cos \phi = 1$)	Inductive load ($\cos \phi = 0.4$, $L/R = 7$ ms)
Rated load	6 A at 250 VAC; 6 A at 30 VDC	2.5 A at 250 VAC; 2 A at 30 VDC
Rated carry current	6 A	
Max. switching voltage	400 VAC, 125 VDC	
Max. switching current	6 A	
Max. switching power	1,500 VA 180 W	500 VA 60 W
Minimum permissible load	10 mA at 5 VDC : P level: $\lambda_{60} = 0.1 \times 10^{-6}$ /operation	

■ Characteristics

Item	1 pole
Contact resistance	100 mΩ max.
Operate (set) time	20 ms max.
Release time	40 ms max.
Max. operating frequency	Mechanical: 18,000 operations/hr Electrical: 1,800 operations/hr (under rated load)
Insulation resistance	1,000 MΩ min. (at 500 VDC)
Dielectric strength	4,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between coil and contacts 1,000 VAC, 50/60 Hz for 1 min between contacts of same polarity
Vibration resistance	Destruction: 10 to 55 Hz, 1.0 mm double amplitude Malfunction: 10 to 55 Hz, 1.0 mm double amplitude
Shock resistance	Destruction: 1,000 m/s ² (approx. 100G) Malfunction: 200 m/s ² (approx. 20G) when energized; 100 m/s ² (approx. 10G) when not energized
Life expectancy	Mechanical: 5,000,000 operations min. Electrical: 100,000 typical; NO 70,000 operations min.; NC 50,000 operations min.
Ambient temperature	Operating: -40°C to 55°C (with no icing or condensation)
Ambient humidity	Operating: 5% to 85%
Weight	Approx. 35 g
Overvoltage category	III
Pollution degree	2
Contact Material	AgSnIn
Creepage distance	7.0 mm
Clearance distance	5.5 mm

Note: Data shown are of initial values.

■ Approved Standards

UL Recognized (File No. E41643) - - Ambient Temp. = 40°C

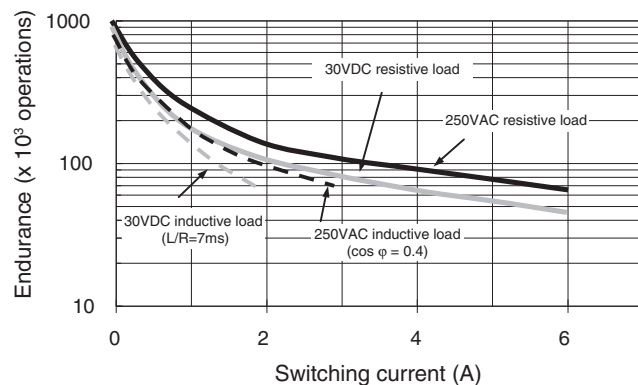
Model	Contact form	Coil ratings	Contact ratings	Operations
G2RV-SL Series	SPDT	12 to 48 VDC 24 to 230 VAC	250 VAC 6 A (Resistive Load) 30 VDC 6 A (Resistive Load) 400 VAC 2 A (Resistive Load)	6,000

IEC/VDE (EN 61810)

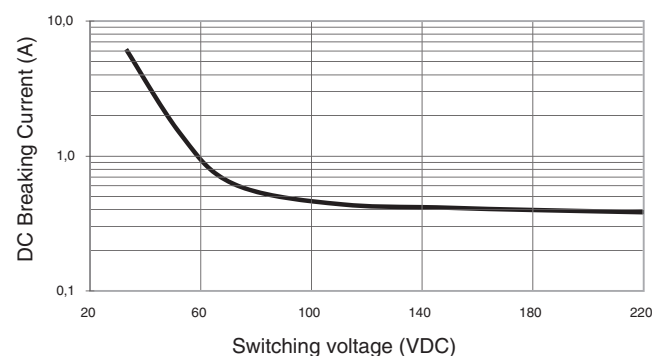
Contact form	Coil ratings	Contact ratings	Operations
1 pole	12, 24 VDC 24, 48 VAC/DC 110, 230 VAC	250 VAC 6 A (Res.) 30 VDC 6 A (Res.) 400 VAC 2 A (Res.)	50,000 50,000 6,000

Engineering Data

Endurance



Switching Capacity, DC Resistive Load



Switching Timing

Model number	Operating time (typical)	Release time (typical)
G2RV-SL7□□/5□□ DC12	5 ~ 7 ms	5 ~ 8 ms
G2RV-SL7□□/5□□ DC24	5 ~ 7 ms	6 ~ 9 ms
G2RV-SL7□□/5□□ AC/DC24	5 ~ 7 ms	17 ~ 22ms
G2RV-SL7□□/5□□ AC/DC48	5 ~ 7 ms	22 ~ 30 ms
G2RV-SL7□□/5□□ AC110	12 ~ 15 ms	22 ~ 30 ms
G2RV-SL7□□/5□□ AC230	12 ~ 15 ms	22 ~ 30 ms